МАССОВАЯ РАДИО-БИБЛИОТЕКА

Е. А. ЛЕВИТИН

ПАРАМЕТРЫ РАДИОПРИЕМНИКОВ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Перерасчет отношений мощностей и напряжений в децибеллы

Ослабление		← − Децибеллы → +	Усиление	
отношение напряжений	отношение мощностей		отношение напряжений	отношение мощностей
1,00	1,00	0	1,00	1,00
0,89	0,79	1	1,12	1,26
0,79	0,63	2	1,26	1,58
0,71	0,50	3	1,41	1,99
0,63	0,4	4	1,58	2,51
0,56	0,32	5	1,78	3,16
0,5	0,25	6	1,99	3,98
0,45	0,2	7	2,24	5,01
0,4	0,16	8	2,51	6,31
0,36	0,13	9	2,82	7,94
0,32	0,1	10	3,16	10,00
0,28	0,08	11	3,55	12,6
0,25	0,06	12	3,98	15,8
0,22	0,05	13	4,47	19,9
0,20	0,04	14	5,01	25,1
0,18	0,03	15	5,62	31,6
0,16	0,025	16	6,31	39,8
0,14	0,020	17	7,08	50,1
0,13	0,016	18	7,94	63,1
0,11	0,013	19	8,91	79,4
0,10	0,010	20	10,00	100,0
0,056	$3{,}16\cdot10^{-3}$	25	17,8	316,0
0,032	10^{-3}	30	31,6	1000,0
0,018	$3{,}16\cdot10^{-4}$	35	56,2	$3{,}16\cdot10^{3}$
0,010	10^{-4}	40	100,0	10^{4}
0,006	$3{,}16\cdot10^{-5}$	45	177,8	$3{,}16\cdot10^{4}$
0,003	10^{-5}	50	316	10^{5}
0,002	$3{,}16\cdot10^{-6}$	55	562	$3{,}16\cdot10^{5}$
0,001	10^{-6}	60	1 000	10^{6}
0,0006	$3{,}16\cdot10^{-7}$	65	1 770	$3{,}16\cdot10^{6}$
0,0003	10^{-7}	70	3 160	10^{7}
0,0002	$3{,}16\cdot10^{-8}$	75	5 620	$3{,}16\cdot10^{7}$
0,0001	10^{-8}	80	10 000	10^{8}
0,00006	$3{,}16\cdot10^{-9}$	85	17 800	$3{,}16\cdot10^{8}$
0,00003	10^{-9}	90	31 600	10^{9}
0,00002	$3{,}16\cdot10^{-10}$	95	56 200	$3{,}16\cdot10^{9}$
0,00001	10^{-10}	100	100 000	10^{10}

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

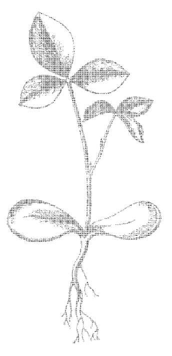
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 46

Е. А. ЛЕВИТИН

ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Рекомендовано
Управлением технической подготовки
Центрального комитета
добровольного общества содействия армии
в качестве пособия для радиоклубов







ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1949 ЛЕНИНГРАД

В брошюре излагаются основные понятия о способах оценки электрических показателей радиоприемников, параметрах, характеризующих радиовещательные приемники, и методах измерения этих параметров.

Брошюра представляет интерес для радиолюбителей и работников мастерских по ремонту радиоаппаратуры.

Редактор *И. И. Спижевский* Техн. редактор *Г. Б. Фомилиант*

Сдано в пр-во 8/VI 1949 г. Подписано к печати 11/XI 1949 г.
Объем п. л. 5,5 5,5 уч.-изд. л. 40.000 зн. в 1 п. л. Тираж 50.000 экз.
А-15107 Бумага 84×108[1]/32 Заказ 2209

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Беспрерывно повышающийся интерес советских радиолюбителей к дальнейшему совершенствованию приемной радиоаппаратуры свидетельствует о неуклонном их техническом росте и углублении радиотехнических знаний этого огромного коллектива энтузиастов новой техники.

Из среды радиолюбителей наша страна уже получила много талантливых конструкторов радиоаппаратуры. Новые конструкции, представляемые радиолюбителями на ежегодные заочные выставки, свидетельствуют о дальнейшем техническом росте наших радиолюбителей. В области радиовещательного приема радиолюбители уже давно перестали ограничиваться постройкой простейших радиоприемников и создают весьма совершенные конструкции сложных современных приемных аппаратов, отличающиеся оригинальностью и новизной.

Совершенно естественно, что при создании таких конструкций радиолюбителю приходится тщательно прорабатывать ряд технических вопросов, решение которых необходимо для обеспечения высокого технического уровня нового радиоаппарата. Здесь в первую очередь возникает вопрос об оценке электрических показателей или параметров радиоприемника. Возникает необходимость как полного понимания сущности всех этих параметров, так и овладения методикой самостоятельной проверки их. Все более широкое внедрение в радиолюбительскую практику радиоизмерительной аппаратуры дает вполне реальные возможности для такого углубленного подхода

к конструированию и созданию собственных образцов радиоприемников.

В настоящей книге излагаются в возможно популярной форме основные понятия о способах оценки электрических показателей радиоприемников, о параметрах, характеризующих радиовещательные приемники, о методах и способах измерения этих параметров. Приводятся также соображения о зависимости тех или иных параметров от данных схемы и от ее отдельных элементов.

Эти сведения должны оказать помощь радиолюбителям в работе по созданию новых конструкций радиоприемников. Они будут представлять практический интерес и для мастерских по ремонту радиоаппаратуры, сеть которых все более расширяется по мере непрерывного роста масштабов радиофикации нашей страны.

Автор

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Для того чтобы судить о качестве радиоприемника и иметь возможность производить сравнительную оценку различных приемников, нужно располагать некоторыми исходными данными, позволяющими давать объективную оценку приемника. Для получения таких данных нужно пользоваться установленными и вполне определенными методами измерений так как в противном случае данные, полученные при разных измерениях, могут оказаться неравноценными.

Такими объективными данными, характеризующими электрические показатели радиоприемника, являются его параметры и характеристики, перечисляемые ниже и определяемые по принятой единой методике. Общесоюзного стандарта на измерение параметров приемников у нас пока не существует; имеется проект ОСТ, разработанный на основе опыта работы ряда научно-исследовательских и производственных организаций радиопромышленности. Методика, изложенная в этом проекте стандарта, используется практически при проводимых у нас в Советском Союзе измерениях радиоприемников.

Основные требования к радиоприемнику с точки зрения его электрических показателей сводятся к тому, чтобы приемник обеспечивал:

1) возможность приема слабых или дальних станций;

2) возможность выбора нужной станции и полной отстройки от всех прочих станций, мешающих приему;

3) возможность художественного воспроизведения звуковых передач, т. е. точного и неискаженного воспроизведения звуков, создаваемых перед микрофоном передающей станции;

4) возможность уверенного и устойчивого приема той станции, на которую он настроен.

Для оценки таких электрических качеств радиоприемников установлены соответствующие технические параметры и характеристики.

Так, например, для оценки способности приемника принимать сигналы дальних или слабых станций служит параметр, называемый чувствительностью.

Параметром, характеризующим способность приемника отстраиваться от мешающих станций, является избирательность, которая в свою очередь подразделяется на так называемую избирательность по соседнему каналу и избирательность по зеркальному каналу.

Для суждения о степени устойчивости работы приемника и его способности уверенно принимать станцию, на которую он настроен, служит параметр, называемый стабильностью частоты приемника.

Качество воспроизведения звука оценивают по нескольким параметрам, характеризующим как звуковую мощность на выходе приемника, так и степень искажений, претерпеваемых звуковыми колебаниями в приемнике. Эти искажения подразделяются на частотные и нелинейные, и сущность их описывается подробнее в дальнейшем, в соответствующих разделах книги. Кроме того, приходится считаться с тем, что колебания искажаются не только в самом приемнике, т. е. при прохождении сигнала через отдельные элементы приемной схемы, но и в громкоговорителе, где происходит окончательное превращение усиленных электрических колебаний в колебания звуковые. Поэтому для полного суждения о качестве звучания нужно еще иметь характеристики приемника по звуковому давлению.

Ряд дополнительных параметров и характеристик позволяет судить о прочих качествах приемника, существенных с точки зрения радиослушателя.

В книге приводится описание сущности основных параметров и характеристик радиовещательных приемников, методов их измерения и оценки, а также соображения о зависимости этих характеристик от элементов схемы приемника и о возможных путях улучшения тех или иных характеристик.

Все эти сведения относятся в основном к супергетеродинным приемникам, поскольку такие приемники в настоящее время наиболее широко используются для радиовещательного приема.

Ознакомление с приводимыми сведениями должно дать возможность квалифицированному радиолюбителю более глу-

боко подходить к оценке радиоприемника и помочь ему в отыскании способов создания более совершенных конструкций приемников.

В настоящей брошюре освещаются следующие параметры и характеристики радиоприемников:

1. Чувствительность.
2. Перекрытие диапазона.
3. Избирательность.
4. Избирательность по зеркальному каналу.
5. Ослабление сигнала с частотой, равной промежуточной частоте приемника.
6. Стабильность частоты.
7. Выходная мощность.
8. Характеристика автоматической регулировки чувствительности.
9. Нелинейные искажения.
10. Частотная характеристика.
11. Характеристика верхности.
12. Характеристики по звуковому давлению.
13. Характеристика ручной регулировки громкости.
14. Коэффициент фона.
15. Зависимость усиления приемника от напряжения питания.

1. ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОПРИЕМНИКА

Чувствительность

Способность радиоприемника принимать слабые сигналы определяется величиной усиления, которое обеспечивается схемой приемника.

Чтобы громкоговоритель мог работать с полной громкостью, на которую он рассчитан, к нему нужно подводить определенную электрическую мощность. Эта мощность развивается в выходном каскаде приемника под действием сигнала, принятого антенной и усиленного во всех каскадах приемника, предшествующих его выходному каскаду.

Для получения на выходе приемника определенной мощности $P_{вых}$ нужно, естественно, создать на выходе некоторое напряжение звуковой частоты. Обозначим его $E_{вых}$*. При-

---

* В дальнейшем изложении переменные напряжения обозначаются через E, а постоянные напряжения — через U.

нимаемый сигнал измеряется обычно ничтожными долями вольта. Обозначим его $E_{пр}$. Следовательно, для того чтобы получить на выходе приемника, на нагрузке, требуемое напряжение, сигнал нужно усилить во столько раз, во сколько $E_{вых}$ превосходит $E_{пр}$.

Поскольку $E_{вых}$ представляет напряжение звуковой частоты, его следует относить к аналогичной величине на входе, т. е. не к напряжению несущей частоты принимаемого сигнала, а к слагающей модуляции в этом напряжении. Внеся соответствующую поправку в приведенные выше рассуждения и обозначив через m коэффициент модуляции, получим следующее выражение для коэффициента усиления всего приемника:

$$K=\frac{E_{вых}}{m \cdot E_{пр}}.$$

Если, например, величина выходного напряжения $E_{вых}$ составляет 30 *в*, а сигнал на входе равен 100 *мкв* ($100 \cdot 10^{-6}$ *в*) при коэффициенте модуляции $m=0{,}3$, то приемник должен дать усиление в

$$K=\frac{30}{0{,}3 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}=10^6,$$

т. е. в 1 млн. раз.

При этом расчете для упрощения рассуждений не учтен еще эффект детектирования, который снижает величину усиления.

Таким образом, величина усиления от входа приемника до его выхода дает ясную картину о том, какие по силе сигналы могут быть приняты приемником или, иначе говоря, какова способность приемника принимать сигналы дальних станций. Исходя из этого показателя, можно было бы различные приемники сравнивать между собой по величине усиления, которое они обеспечивают.

Однако, в силу ряда практических соображений от такого метода оценки приемников приходится отказаться вследствие неудобств, которые с ним связаны. Эти неудобства в первую очередь вызываются тем, что у различных приемников на выходе бывают различные громкоговорители, обладающие различным сопротивлением. А это значит, что для получения одинаковой мощности к ним нужно подводить различное напряжение. Выходная мощность $P_{вых}=\frac{E_{вых}^2}{r_{гр}}$, где $r_{гр}$ — сопротивление громкоговорителя.

Могут иметь место, например, два таких случая: 1) громкоговоритель низкоомный, с сопротивлением звуковой катушки $r'_{гр} = 4$ *ом* и 2) громкоговоритель высокоомный, с сопротивлением $r''_{гр} = 2{,}000$ *ом*. Тогда для получения на выходе приемника мощности в 1 *вт* потребуется:

в первом случае $E'_{вых} = \sqrt{4 \cdot 1} = 2$ *в*,

во втором случае $E''_{вых} = \sqrt{2000 \cdot 1} = 45$ *в*,

т. е. для высокоомного громкоговорителя при той же мощности потребовалось бы на выходе в 22,5 раза большее напряжение, чем для низкоомного.

Если пользоваться для оценки приемника величиной даваемого им усиления, то окажется, что в первом случае, т. е. при низкоомном громкоговорителе, приемник будет иметь в 20 с лишним раз меньшее усиление, чем в случае высокоомного громковорителя, в то время как выходная мощность будет в обоих случаях одинаковая.

Естественно, что такой способ оценки приводил бы к неправильному представлению о действительном положении дел.

Поэтому о способности радиоприемников принимать слабые сигналы принято судить не по усилению, а по чувствительности.

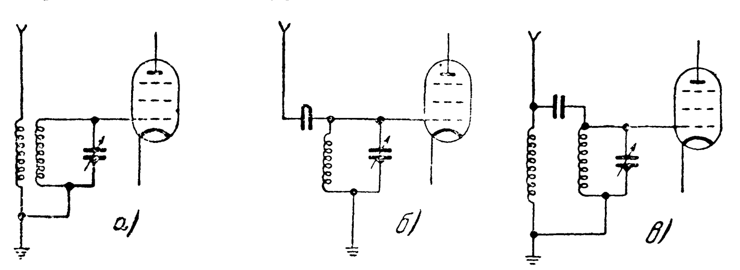
Под чувствительностью приемника понимается то напряжение, которое нужно подвести ко входу приемника для того, чтобы получить на его выходе нормальную для данного приемника мощность.

При таком методе оценки все приемники ставятся в равные условия и оценка оказывается вполне объективной.

Приведенное выше объяснение понятия о чувствительности является несколько упрощенным. В действительности приходится учитывать еще некоторые обстоятельства, к изложению которых мы переходим.

Как понимать «напряжение на входе приемника»? Приемник имеет входные гнезда, к которым подключается антенна и заземление. Следовательно, входное напряжение подводится к приемнику через антенное гнездо. Но входная цепь приемника, которая представляет обычно контур, настраиваемый на частоту принимаемого сигнала, бывает связана с антенной не непосредственно, а с помощью каких-либо промежуточных элементов. Непосредственного подключения антенны к входному контуру нельзя применять в силу ряда соображений и, в частности, потому, что такое подключение будет приводить

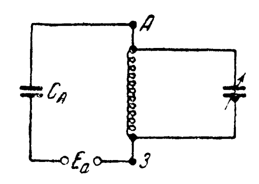
к резкой зависимости настройки контура от данных антенны — при разных антеннах настройка приемника будет осуществляться различно, так как антенна окажется подключенной параллельно контуру и емкость антенны будет прямо



Фиг. 1. Схема связи входного контура с антенной.
а — индуктивная связь; *б* — емкостная; *в* — индуктивно-емкостная.

входить в контур. Это не дало бы возможности объединить настройку входного контура с настройкой остальных контуров. Другое соображение заключается в том, что непосредственное подключение антенны будет приводить к резкому ухудшению резонансных свойств контура, к ухудшению его добротности вследствие больших потерь, вносимых сопротивлением антенны.

Существует несколько распространенных способов связи входного контура с антенной: индуктивная связь (фиг. 1,*а*), емкостная связь (фиг. 1,*б*) и индуктивно-емкостная связь (фиг. 1,*в*). Каждый из них обладает своими достоинствами и недостатками, о которых можно подробно прочесть в специальных руководствах, но всем им свойственно одно: напряжение на входном настроенном контуре приемника создается за счет передачи в него через элементы связи с антенной той электродвижущей силы (э. д. с.), которая создается в антенной цепи приходящим сигналом. Чем выше антенна, чем больше ее так называемая действующая высота, тем большая э. д. с. создается в антенне приходящими электромагнитными колебаниями (действующая высота антенны составляет обычно 60—90% от ее геометрической высоты).

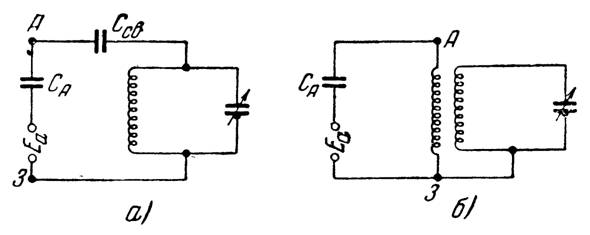


Фиг 2. Упрощенная эквивалентная схема входной цепи.

Упрощенная эквивалентная схема входной цепи для случая непосредственной связи с антенной представляется сле-

дующим образом (фиг. 2): параллельно входным гнездам оказывается подключенной цепь из емкости антенны и воображаемого источника э. д. с. В действительности этого источника нет и источником э. д. с. являются электромагнитные волны, пересекающие провод антенны. Но схема фиг. 2 эквивалентна этому действительному положению вещей. На фиг. 3 приведены эквивалентные схемы входной цепи для двух основных случаев — для емкостной и для индуктивной связи.

Входная цепь обладает резонансными свойствами, которые, как известно, приводят к тому, что сила тока в колебательном контуре резко возрастает, когда частота подводимой энергии совпадает с собственной частотой настроенного контура, а вместе с тем растет и напряжение на контуре. Поэтому напряже-



Фиг. 3. Эквивалентные схемы входной цепи.
а — для емкостной связи; *б* — для индуктивной связи.

ние на сетке первой лампы будет больше, чем э. д. с., введенная во входную цепь. Как говорят, входная цепь обладает некоторым коэффициентом передачи напряжения.

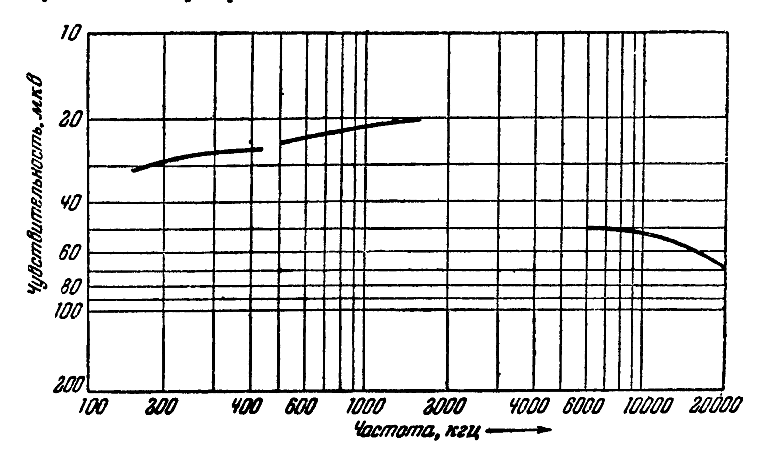
Учитывая все изложенное, можно дать более строгое определение понятия о чувствительности приемника: чувствительность приемника определяется по величине э. д. с. в антенне, при которой на выходе приемника получается нормальная для него мощность (понятие о нормальной мощности уточняется дальше, на стр. 24).

Чувствительность измеряется в микровольтах (10^{-6} *в*). Чем лучше или, как говорят, чем выше чувствительность приемника, тем меньше микровольт нужно подвести к его входу для получения на выходе требуемой мощности.

Следует иметь в виду, что чувствительность приемника не является постоянной величиной; она изменяется по диапазону. Это объясняется тем, что усиление по высокой частоте определяется данными колебательных контуров, характеристики которых меняются по диапазону (меняется полное сопротивление контуров, а вместе с ним — усиление каскадов).

Кроме того, в зависимости от частоты меняется по диапазону и коэффициент передачи напряжения во входной цепи, поскольку резонансные свойства антенной цепи различны на разных частотах.

Чувствительность приемника определяется обычно в нескольких точках каждого диапазона и по полученным данным строится диаграмма, характеризующая чувствительность по всему диапазону принимаемых частот.



Фиг. 4. Диаграмма чувствительности радиовещательного приемника.

Хороший приемник должен иметь равномерную чувствительность по диапазону.

Диаграмма чувствительности строится следующим образом: по оси абсцисс откладываются частоты настройки в килогерцах, а по оси ординат — напряжение в микровольтах, причем микровольты откладываются сверху вниз. Таким образом, лучшая или более высокая чувствительность будет характеризоваться более высоко расположенными точками кривой (фиг. 4).

Чувствительность радиовещательных супергетеродинных приемников характеризуется примерно следующими данными:

Диапазон	Чувствительность, *мкв*		
	Наиболее простые приемники	Приемники среднего класса	Приемники высшего класса
Длинные волны . . .	300	200	50
Средние волны . . .	300	200	50
Короткие волны . . .	500	300	50

Перекрытие диапазона

Диапазон перекрываемых частот является одной из основных характеристик приемника, так как он позволяет определить, какие радиовещательные станции могут быть приняты на данный приемник. Диапазон этот указывается в килогерцах или в мегагерцах (для коротких волн), а иногда еще и в метрах. Для приемников прямого усиления верхняя граница диапазона длинных волн может подходить вплотную к нижней границе диапазона средних волн и перекрытие может быть непрерывным, от 150 до 1 500 *кгц*. В супергетеродинных приемниках, в которых используется обычно промежуточная частота в 460 *кгц*, вблизи этой частоты диапазон должен иметь провал. Это необходимо, потому что в противном случае при настройке приемника на частоту, относительно близкую к промежуточной, приемник начинал бы работать ненормально и неустойчиво.

Поэтому общепринятые границы для высокочастотного конца диапазона длинных волн устанавливаются не выше 420 *кгц* и для низкочастотного конца диапазона средних волн — не ниже 520 *кгц*. В пределах коротковолнового диапазона наличия провалов не требуется, так как частоты, охватываемые этим диапазоном, значительно отличаются от указанной промежуточной частоты приемника.

Избирательность

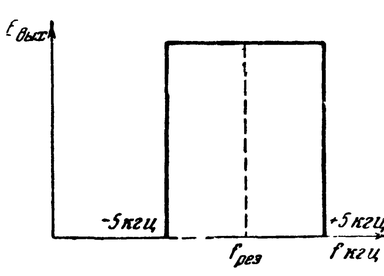
Избирательность приемника характеризует его способность выделять сигнал требуемой станции и не пропускать сигналов других станций. Иначе говоря, избирательность приемника показывает, какова его способность отстраиваться от передач других станций при приеме какой-либо нужной станции, т. е. какова его способность выделять полезный сигнал из общей суммы колебаний с различными частотами, воспринимаемых антенной.

Избирательность определяется действием настроенных колебательных контуров. Чем больше в премнике таких контуров, тем выше его избирательность.

В приемнике прямого усиления избирательность определяется только контурами высокой частоты, настраиваемыми на частоту принимаемого сигнала. В супергетеродинном приемнике дело обстоит иначе: избирательность в отношении станций, обладающих частотой, близкой к принимаемой, опре-

деляется, главным образом, контурами промежуточной частоты. Влияние контуров высокой частоты на избирательность супергетеродинного приемника будет рассмотрено ниже.

Для суждения об избирательности приемника служит его резонансная характеристика, которая показывает, как изменяется чувствительность приемника в зависимости от частоты подводимого сигнала в том случае, если приемник остается настроенным на одну, неизменную частоту. Наибольшая чувствительность будет, естественно, получаться в том случае, когда частота сигнала, подводимого к приемнику, совпадает с частотой, на которую настроен приемник, т. е. когда приемник настроен в резонанс на принимаемый сигнал. По мере того, как частота сигнала будет отклоняться от частоты настройки, чувствительность будет уменьшаться, т. е. для получения на выходе приемника одной и той же постоянной звуковой мощности пришлось бы подводить к его входу все большее и большее напряжение сигнала.



Фиг. 5. Идеальная характеристика избирательности приемника.

Резонансная характеристика может быть изображена графически в виде кривой, у которой по оси абсцисс (горизонтальная ось) отложена частота, а по оси ординат (вертикальная ось) — напряжение на выходе приемника. Такая характеристика может быть названа также кривой избирательности.

Идеальная кривая избирательности приемника должна была бы иметь вид, изображенный на фиг. 5. Несущая частота принимаемой станции и боковые частоты, образующиеся при модуляции, в пределах отведенного канала (10 *кгц*) должны пропускаться без ослабления. Соседние же частоты, т. е. отстоящие от несущей в каждую сторону больше, чем на 5 *кгц*, не должны проходить вообще. В действительности кривая избирательности не имеет формы такого идеального прямоугольника, а лишь в той или иной мере приближается к нему.

В настоящее время принято изображать кривые избирательности несколько иным образом: по оси абсцисс, соответствующей частоте, откладывается в линейном масштабе величина расстройки в килогерцах от резонасной частоты, на которую настроен приемник, а по оси ординат — в логарифми-

ческом масштабе — относительная величина уменьшения (ухудшения) чувствительности *, или иначе — величина, показывающая, во сколько раз ослабляется сигнал станции, имеющей частоту, отличающуюся от частоты настройки приемника. При этом относительное ослабление сигнала или уменьшение чувствительности откладывается снизу вверх (фиг. 6,*а*).

Иногда эти кривые строятся в масштабе, обратном описанному, т. е. ослабление чувствительности откладывается не снизу вверх, а сверху вниз (фиг. 6,*б*).

Логарифмический масштаб для оси ординат выбирается потому, что он позволяет наносить кривую для весьма широких пределов ослабления.

Можно оценивать избирательность приемника, указывая лишь относительное ослабление при определенной расстройке от резонанса. Обычно ослабление указывается для точек, отстоящих на 10, 20, а иногда 30 *кгц* от резонансной частоты. В случае, изображенном на фиг. 6, это дало бы следующие цифры:

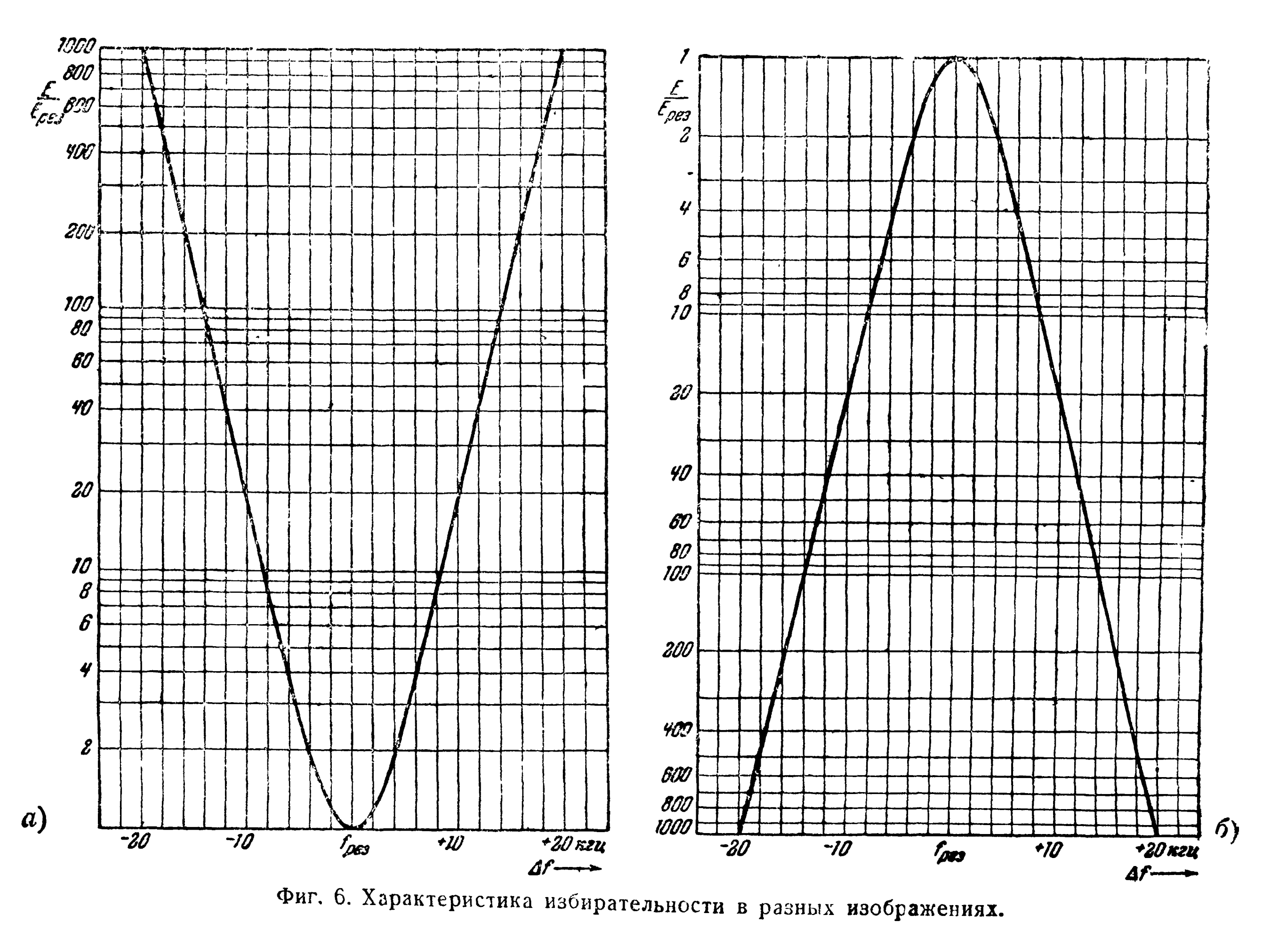
расстройка, *кгц*	10	20
ослабление	20 раз	1 000 раз

Очевидно, избирательность приемника будет тем лучше, чем больше величина ослабления при одной и той же расстройке.

Форму кривой избирательности или резонансной характеристики приемника характеризует еще один показатель — так называемая ширина полосы пропускания по высокой частоте. Под этим понимается условно ширина резонасной характеристики между точками, соответствующими уменьшению чувствительности в два раза, или, как говорят, при ослаблении в два раза. При этом принимается, что все боковые частоты (образующиеся при модуляции несущей частоты звуковыми частотами), лежащие в пределах такой полосы пропускания, проходят достаточно хорошо и ослабление их не имеет существенного значения для качества воспроизведения звука на выходе приемника.

Хороший приемник должен иметь полосу пропускания по высокой частоте порядка 8 *кгц* и резонансную характеристику с резко спадающими краями, дающую значительное ослабле-

* Под относительной величиной уменьшения чувствительности понимается число, показывающее, во сколько при данной частоте сигнала нужно повысить напряжение на входе приемника по сравнению с напряжением резонансной частоты, чтобы получить нормальную мощность на выходе.



Фиг. 6. Характеристика избирательности в разных изображениях.

ние соседнего канала (т. е. при растройке на 10 *кгц* от резонанса, что соответствует ширине резонансной характеристики в 20 *кгц*) и весьма большое ослабление на «хвостах», при расстройке на 20 *кгц* и больше. Для супергетеродинных приемников среднего класса ослабление соседнего канала должно быть не менее 20 раз (26 *дб*), а для приемников высокого класса — не менее 50 раз (34 *дб*).

Избирательность, которую мы выше рассмотрели, характеризует избирательность приемника в отношении соседних станций, т. е. станций, частота которых близка к частоте принимаемого сигнала. Для приемника прямого усиления только такую избирательность и приходится рассматривать. В супергетеродинных приемниках возможны помехи от станций, работающих на некоторых специфических частотах, связанных определенными соотношениями с промежуточной частотой, и поэтому для приемников этого типа приходится вводить еще некоторые дополнительные характеристики избирательности.

Избирательность по зеркальному или симметричному каналу

Принцип супергетеродинного приема приводит к возможности прохождения в приемник мешающих станций, которые по частоте располагаются довольно далеко от частоты принимаемой станции, но находятся в определенной зависимости от этой частоты. Это объясняется тем, что в супергетеродине, как известно, основное усиление происходит не на частоте принимаемого сигнала, а на промежуточной частоте, представляющей собой частоту биений между колебаниями двух частот — частоты местного гетеродина и частоты сигнала

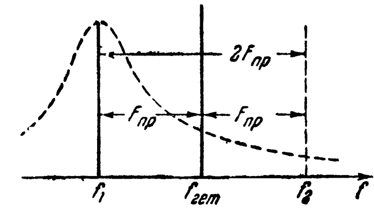
$$F_{пр}=f_{гет}-f_{сиг}, \text{ или } F_{пр}=f_{сиг}-f_{гет}.$$

Как правило, гетеродин рассчитывается так, чтобы его частота была выше частоты сигнала на величину, равную $F_{пр}$ (обычно $F_{пр}=460$ *кгц*).

Но может случиться, особенно на коротких волнах, что антенна воспримет сигналы двух таких станций, частоты которых f_1 и f_2 различаются между собой на $2F_{пр}$ (фиг. 7). Если приемник настроен на частоту f_1, то частота гетеродина будет выше частоты сигнала на $F_{пр}$:

$$f_{гет}-f_1=F_{пр}.$$

Но при этом частота второй (мешающей) станции будет отличаться от частоты гетеродина также на $F_{пр}$ ($f_2 - f_{гет} = F_{пр}$). Частоты обеих станций оказываются расположенными симметрично относительно частоты гетеродина и частота f_2 представляет как бы зеркальное отображение частоты f_1. В этом случае в приемнике появятся два сигнала с разностной частотой $F_{пр}$. Оба эти сигнала пройдут в усилитель промежуточной частоты и создадут взаимные помехи.



Фиг. 7. Расположение частот зеркального канала.

Ослабление приема мешающих станций, обладающих симметричными частотами, или, как говорят, избирательность приемника по симметричному или зеркальному каналу, определяется качеством или избирательностью высокочастотных контуров на входе приемника, до преобразователя. Входные резонансные контуры должны ослаблять сигнал мешающей станции, не допуская его до преобразователя.

На той же фиг. 7 изображена резонансная характеристика входных контуров приемника. Она показывает, что сигналы с частотой, заметно отличающейся от принимаемой, будут уже сильно ослаблены во входной части приемника, в так называемом преселекторе. Чем дальше расположена зеркальная частота от принимаемой частоты, тем больше она будет ослаблена в преселекторе. С этой точки зрения невыгодно применение низкой промежуточной частоты: чем выше промежуточная частота, тем больше будет ослабление по зеркальному каналу.

Избирательность по зеркальному каналу ухудшается с повышением частоты принимаемой станции, так как при этом увеличивается ширина полосы пропускания резонансных контуров преселектора. На длинных волнах у супергетеродинов среднего класса с $F_{пр} = 460$ *кгц* может быть достигнуто ослабление симметричного сигнала в несколько сот и даже тысяч раз, на средних оно уже меньше — порядка нескольких десятков или сотен раз, а на коротких волнах доходит до 4—5 раз. Таким образом, с помехами этого рода практически приходится считаться только в коротковолновом диапазоне.

Ослабление сигнала с частотой, равной промежуточной частоте приемника

Одним из видов помех при приеме на супергетеродинный приемник может явиться помеха от станций, работающих на частоте, равной промежуточной частоте приемника. Сюда же относятся и местные станции, вторая гармоника которых имеет такую частоту.

Помехи этого рода объясняются следующим образом: антенна воспринимает сигналы станций, имеющих частоту, равную промежуточной частоте данного приемника. Если входная цепь приемника не ослабляет этих сигналов в достаточной степени, то они проходят на управляющую сетку преобразовательной лампы. Поскольку анодной нагрузкой для этой лампы является контур, настроенный именно на промежуточную частоту, прошедший к лампе мешающий сигнал усилится преобразовательной лампой и далее будет усиливаться всеми каскадами промежуточной частоты наравне с полезным сигналом. Между мешающим сигналом и полезным сигналом от принимаемой станции, полученным в результате нормального преобразования частоты, получатся биения, которые после детектирования и усиления по низкой частоте вызовут искажения на выходе приемника.

Частота мешающего сигнала не обязательно должна быть точно равна промежуточной. Если она отличается от промежуточной на 1—2 *кгц*, то она будет усиливаться еще достаточно хорошо и в результате биений между мешающими и полезными колебаниями будет слышен помимо искажений свист, тон которого будет меняться при небольшой расстройке гетеродина.

Ослабление помехи этого рода может происходить только во входной цепи приемника, до сетки преобразователя. При наличии каскада усиления высокой частоты ослабление будет еще больше.

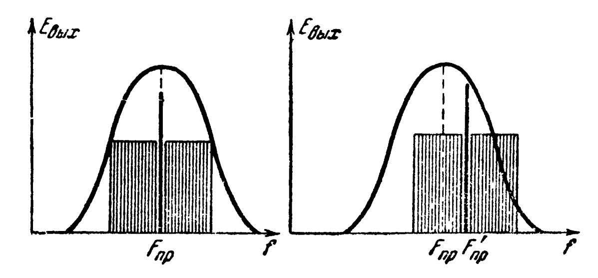
О степени ослабления сигнала с частотой, равной промежуточной, судят по соотношению между напряжением промежуточной частоты $E_{пр}$, которое должно быть подано на вход при той же настройке приемника для того, чтобы получить на выходе нормальную мощность, и напряжением сигнала E_c, на частоту которого настроен приемник и которое создает на выходе также нормальную мощность (т. е чувствительностью приемника в данной точке диапазона).

Ослабление будет выражаться, как $\frac{E_{пр}}{E_c}$. Это отношение выражается либо количественно, т. е. „во столько-то раз", либо в децибелах.

Стабильность частоты

Для супергетеродинных приемников большое значение имеет устойчивость или стабильность частоты гетеродина; особенно это важно при приеме на коротких волнах.

Если частота гетеродина оказывается неустойчивой, то это означает, что частота биений между колебаниями гетеродина $f_{гет}$ и сигналом f_c, т. е. промежуточная частота $F_{пр}$, представляющая разность между $f_{гет}$ и f_c, будет также из-



Фиг. 8. Расположение спектра боковых частот.
а — при точной настройке; *б* — при расстройке гетеродина.

меняться соответственно изменениям частоты гетеродина. Но контуры усилителя промежуточной частоты настроены точно на номинальную промежуточную частоту, и поэтому такое самопроизвольное изменение разностной частоты между $f_{гет}$ и f_c приведет к искажениям и к ослаблению усиления, поскольку резонансная характеристика усилителя промежуточной частоты уже не будет охватывать всей полосы боковых частот по сторонам переместившейся разностной частоты (фиг. 8).

Чтобы обеспечить устойчивый прием на коротких волнах, гетеродин должен обладать такой устойчивостью, которая не позволяет частоте гетеродина измениться настолько, чтобы разностная частота $F'_{пр}$ уходила за пределы полосы пропускания усилителя промежуточной частоты. Если это условие не будет соблюдаться, то по мере ухода частоты

придется все время подстраивать приемник, возвраща частоту гетеродина к первоначальному ее значению. Разумеется, это будет характеризовать приемник с плохой стороны.

Приемник среднего класса должен обеспечивать стабильность частоты на коротковолновом диапазоне не хуже 0,04%

Этот параметр, т. е. стабильность частоты, в настоящее время является одним из основных при оценке приемника К сожалению, проверка его сопряжена с некоторыми трудностями, так как для этой цели требуется точный волномер по типу гетеродинного или кварцевый генератор на нужную частоту.

Стабильность частоты гетеродина зависит, главным образом, от двух причин: от изменений температуры, обуславливаемых нагревом приемника, и от изменений напряжения источников питания.

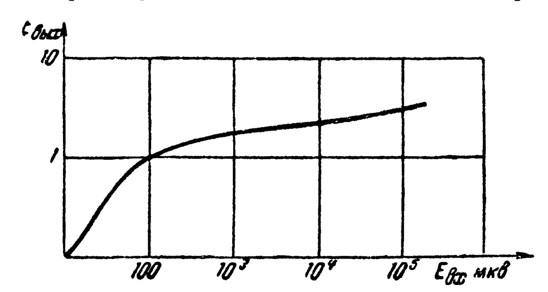
Характеристика автоматической регулировки чувствительности (АРЧ)

В современных супергетеродинных приемниках необходимым элементом схемы является автоматическая регулировка чувствительности, обозначаемая сокращенно АРЧ. Назначение ее заключается в автоматическом поддерживании примерно на одном уровне напряжения звуковой частоты на втором детекторе, а следовательно, и на входе усилителя низкой частоты, независимо от величины силы сигнала на входе приемника. Это достигается путем автоматического уменьшения усиления каскадов высокой и промежуточной частоты (или, иначе говоря, уменьшения чувствительности приемника) при увеличении сигнала в антенне и путем повышения чувствительности при ослаблении сигнала в антенне.

Характеристика АРЧ приемника показывает, насколько эффективна работа этой части схемы, т. е. в какой мере поддерживается постоянство выходной мощности приемника при изменении силы сигнала на входе. Эта характеристика имеет особо существенное значение при приеме коротковолновых станций, когда вследствие явления замирания величина напряжения сигнала на входе приемника может колебаться в самых широких пределах. Хорошая АРЧ автоматически регулирует чувствительность, т. е. усиление приемника (повышая его при ослаблении сигнала в антенне и уменьшая при усилении

сигнала) так, что напряжение на выходе приемника остается более или менее постоянным.

Типичная характеристика АРЧ приведена на фиг. 9.



Фиг. 9. Характеристика автоматической регулировки чувствительности.

У супергетеродинов среднего класса АРЧ обычно обеспечивает изменение напряжения на выходе в 3—4 раза при изменении напряжения на входе в 1 000 раз (от 100 до 100 000 *мкв*).

Выходная мощность

Различные приемники в зависимости от своего назначения и конструкции обеспечивают различную величину мощности звуковой частоты на выходе. Величина этой мощности определяется типом ламп, использованных в выходном каскаде. Применяемый тип громкоговорителя должен соответствовать выходной мощности приемника.

При оценке приемника приходится иметь дело с двумя понятиями о его выходной мощности. Первым из них является номинальная мощность, под которой подразумевается та максимальная полезная мощность, которую приемник обеспечивает при допустимых искажениях, почти не ощущаемых средним человеческим ухом, а именно — при коэффициенте нелинейных искажений, равном 10%. Более подробно вопрос об искажениях рассматривается в следующем разделе.

Вторым понятием о выходной мощности является нормальная мощность. Она равна $^1/_{10}$ номинальной мощности. Понятие о нормальной мощности вводится в связи с тем, что все измерения приемников производятся при 30%-ной модуляции, т. е. при коэффициенте модуляции $m=0{,}3$. Такая глубина модуляции принимается за нормальную. При модуляции $m=0{,}3$ амплитуда напряжения звуковой частоты после детектирования

должна составлять 0,3 от амплитуды несущей частоты. При 100%-ной модуляции, при $m=1$, амплитуда напряжения звуковой частоты будет равна амплитуде несущей частоты. Напряжение звуковой частоты при $m=0,3$ будет составлять 0,3 от напряжения звуковой частоты при 100%-ной модуляции. Выходная мощность определяется величиной напряжения звуковой частоты и изменяется пропорционально квадрату этого напряжения. Поскольку полная мощность на выходе приемника, которую мы условились называть номинальной, получается, очевидно, при 100%-ной модуляции (при $m=1$), то отсюда следует, что при нормальной модуляции (при $m=0,3$) выходная мощность будет составлять примерно $^1/_{10}$ от номинальной. Это значение выходной мощности и принимается за нормальное.

При измерении параметров приемника следует всегда различать, какие из них относятся к нормальной и какие к номинальной выходной мощности.

Характеристика нелинейных искажений

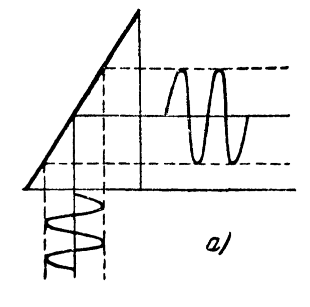
Для обеспечения качественного воспроизведения звука приемник должен, по возможности, точно воспроизводить звуковые колебания, которыми на передающей станции модулировалась несущая частота, не внося в них никаких искажений.

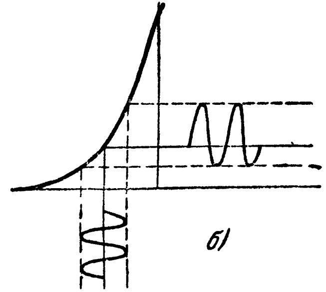
В действительности в приемнике всегда имеют место в той или иной мере искажения — нелинейные и частотные.

Под нелинейными искажениями понимаются искажения формы колебаний звуковой частоты на выходе приемника по сравнению с формой тех исходных колебаний, которыми был промодулирован принятый высокочастотный сигнал. Коэффициент нелинейных искажений, или, как его иногда называют, клирфактор, указывает относительную величину содержания гармоник основного тона, возникших вследствие искажения этого тона при усилении. Иначе говоря, коэффициент нелинейных искажений показывает, какой процент гармоник содержится в выходном напряжении по отношению к основному тону, создаваемому чисто синусоидальным исходным напряжением. Эти гармоники образуются вследствие того, что характеристики усилительных ламп не являются идеально прямолинейными и потому усиленные лампой колебания всегда несколько отличаются от первоначальной своей формы.

Фиг. 10,*б* показывает, какой вид имеет чисто синусоидальное колебание после усиления его лампой, обладающей нели-

нейной характеристикой и какой вид оно имело бы (фиг. 10,*а*), если бы характеристика лампы представляла идеальную прямую линию. Как показывает анализ, нелинейность характеристик усилительных ламп вызывает появление новых, гармонических частот, кратных основной частоте и искажающих первоначальное колебание. Поэтому искажения этого вида называются нелинейными. Величина этих искажений находится в зависимости от величины криволинейного участка характеристики, захватываемого сигналом; чем больше напряжение, подводимое к сетке лампы, тем больший участок криволинейной части характеристики лампы участвует в усилении колебаний и тем больше будут искажения.





Фиг. 10. Усиленное синусоидальное напряжение.

а — при линейной характеристике лампы; *б* — при нелинейной характеристике лампы.

K_f %
20
15
10
5
$P_{ном}$ $P_{вых}$

Фиг. 11. Характеристика коэффициента нелинейных искажений.

Практически следует считать, что нелинейные искажения создаются только в усилителе низкой частоты, так как напряжение высокой и промежуточной частоты на сетках ламп соответствующих каскадов весьма незначительно и искажениям не подвергается.

Для оценки качества приемника по этому показателю обычно снимается характеристика или кривая зависимости коэффициента искажений K_f от выходной мощности $P_{вых}$; по оси абсцисс откладывается мощность, измеренная на выходе, а по оси ординат—величина коэффициента нелинейных искажений при соответствующей мощности (фиг. 11). Полез-

ной или условно „неискаженной“ мощностью считают ту мощность, при которой коэффициент K_f составляет 10%.

Эта мощность называется, как указывалось выше, номинальной мощностью приемника. Для дешевых сетевых приемников номинальная мощность обычно равна 0,5 *вт*; для приемников среднего класса — 1,5—2 *вт*, а для дорогих моделей — порядка 5 *вт* и выше.

Частотная характеристика

Частотные искажения, которые появляются при радиоприеме, заключаются в том, что различные частоты звукового спектра усиливаются в приемнике неодинаково, т. е. одни частоты усиливаются больше, а другие — меньше. Такое неравномерное усиление разных частот приводит к тому, что соотношение между амплитудами различных частот, существовавшее на передающей стороне, не только не сохраняется на выходе приемника, а наоборот, нарушается.

В зависимости от степени и характера частотных искажений будет находиться и характер звучания громкоговорителя на выходе приемника. Частотные искажения могут привести к изменению тембра звучания, могут отразиться на разборчивости речи, могут привести к выкрикам и подчеркиванию некоторых частот и т. д.

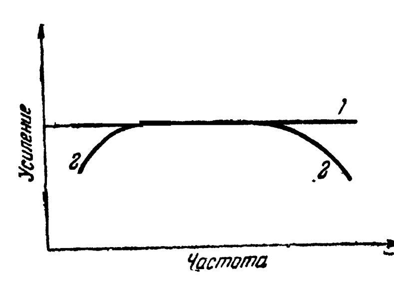
О степени частотных искажений судят по форме частотной характеристики приемника, которая показывает, как усиливаются различные звуковые частоты, входящие в пределы спектра слышимых нашим ухом частот.

Обычно, говоря о частотной характеристике приемника, подразумевают характеристику низкочастотной его части. При этом искажения имеют место, главным образом, на начальном участке, охватывающем область самых низких частот звукового спектра и на участке наиболее высоких звуковых частот (выше 4 000 *гц*) вследствие срезания этих частот резонансной характеристикой. В области средних звуковых частот частотные искажения бывают незначительны.

Частотная характеристика показывает зависимость напряжения на выходе приемника от частоты сигнала на входе низкочастотной части (обычно на гнездах адаптера), при постоянном напряжении этого входного сигнала.

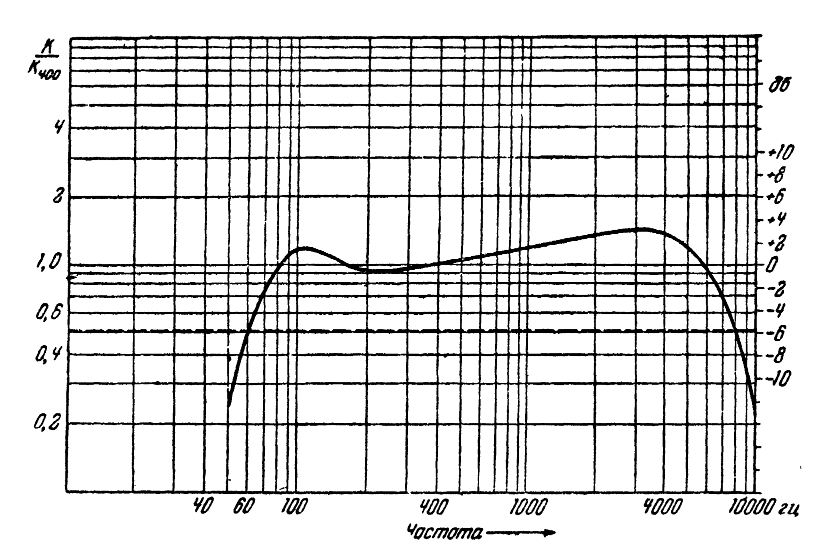
Строится частотная характеристика графически следующим образом: по оси абсцисс откладываются звуковые частоты, а по оси ординат — усиление. Идеальная частотная характеристика в таком изображении должна представлять прямую ли-

нию (фиг. 12, характеристика 1), означающую, что все частоты звукового спектра усиливаются одинаково равномерно. В действительности же такую характеристику по ряду причин получить нельзя, и реальная частотная характеристика приближается к виду, показанному на той же фигуре кривой 2. Эта кривая в области самых низких и наиболее высоких частот спадает, т. е. на этих частотах наблюдается уменьшение усиления.



Фиг. 12. Частотная характеристика. 1 — идеальная; 2 — реальная.

Частотная характеристика определяется качеством усилителя низкой частоты. Принято считать частотную характеристику достаточно равномерной в тех пределах, в которых усиление падает не более чем в 2 раза по сравнению с усилением



Фиг. 13. Частотная характеристика в логарифмическом масштабе.

на некоторой условной средней частоте. Обычно такой частотой является 400 *гц*, и усиление на этой частоте принимается за единицу. В большинстве случаев частотная харак-

теристика оказывается достаточно равномерной или линейной в пределах от 70—100 *гц* и примерно до 5 000 *гц*.

Масштаб по осям абсцисс и ординат берется логарифмический и по оси ординат усиление откладывается либо в относительных единицах по отношению к усилению на частоте 400 *гц* $\left(\frac{k}{k_{400}}\right)$, либо в децибелах от среднего значения (т. е. от усиления в точке, соответствующей той же частоте 400 *гц*). В этом случае уровень усиления на средней частоте 400 *гц* принимается за нулевой и ослабление усиления выражается в отрицательных децибелах. Ослаблению в 2 раза соответствует —6 *дб* (фиг. 13).

Характеристика верности

Как уже указывалось, частотная характеристика показывает степень равномерности усиления различных частот в низкочастотной части приемника. Но некоторое нарушение равномерности усиления разных частот звукового спектра может иметь место и в высокочастотной части приемника за счет ослабления верхних границ боковых полос модулированного сигнала высокой частоты. Для суждения об этих отклонениях служит так называемая характеристика или кривая верности, под которой понимается частотная характеристика всего приемника, от антенного входа до зажимов громкоговорителя. Иначе говоря, характеристика верности показывает, как проходят частоты звукового спектра через все каскады приемника.

Характеристика верности дает зависимость напряжения на выходе приемника от частоты звуковых колебаний, которыми модулируется несущая частота сигнала на входе приемника, причем напряжение этой несущей частоты и глубина модуляции остаются постоянными. От частотной характеристики, описанной ранее, кривая верности отличается более сильным спаданием или «завалом» на своем высокочастотном конце. Степень ослабления более высоких частот определяется, в частности, характеристикой избирательности приемника, так как полоса пропускания ограничивает прохождение именно высоких модулирующих частот. Желательно, чтобы спадание усиления в 2 раза имело место при частоте не ниже 4 000—4 500 *гц*. Особенно резко ощущается влияние характеристики избирательности на диапазоне длинных волн, где избирательность велика и резонансная характеристика входных контуров оказывается наиболее узкой.

Характеристики приемника по звуковому давлению

Все характеристики, описанные выше, являются электрическими характеристиками. Они получаются путем измерения напряжения высокой или низкой частоты на разных участках схемы приемника.

В прежние годы, когда техника измерения приемников была развита в меньшей степени, чем в настоящее время, эти характеристики считались достаточными для оценки параметров приемника. Но измерения, проводимые таким образом, не учитывали конечного эффекта, т. е. звукового воспроизведения. Звуковое воздействие приемника на наше ухо такими измерениями непосредственно не охватывалось и оценку его по электрическим параметрам можно было делать лишь приближенно.

Звук в конечном счете воспроизводится громкоговорителем и все электрические характеристики, связанные с оценкой качества воспроизведения, будут верны лишь в том случае, если громкоговоритель работает идеально и не вносит своих собственных искажений. В действительности громкоговоритель всегда вносит в той или иной мере добавочные искажения как частотные, так и нелинейные. Громкоговоритель воспроизводит неодинаково равномерно все частоты звукового спектра, а вследствие ряда сложных резонансных явлений его частотная характеристика оказывается неравномерной. Обычно громкоговоритель плохо воспроизводит самые низкие частоты звукового спектра — ниже 60—80 *гц*, а иногда и самые высокие — выше 6 000 *гц*.

Резонансные явления, о которых говорилось выше, приводят к появлению более или менее острых пиков на частотной характеристике громкоговорителя. Нередки также случаи провалов в ней.

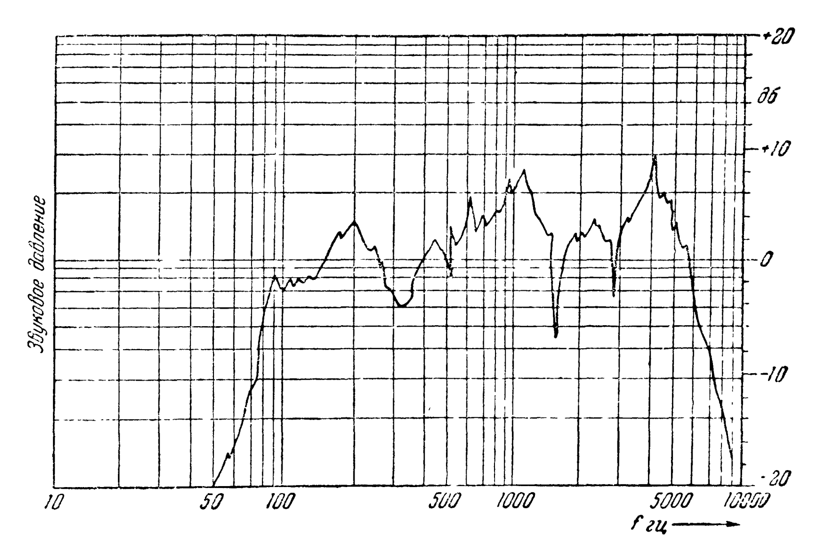
Техника акустических измерений, которая в настоящее время хорошо разработана и практически применяется в ряде наших институтов и предприятий, позволяет получить точные данные об акустических характеристиках приемника.

Типичная характеристика громкоговорителя, снятая по звуковому давлению, развиваемому этим громкоговорителем при подведении к нему напряжения звуковой частоты с постоянной амплитудой и изменяющейся частотой, приведена на фиг. 14. Из этой характеристики видно, что некоторые частоты будут воспроизводиться громкоговорителем громче остальных. Такая неравномерность приводит к подчеркиванию на этих частотах громкости передачи, а иногда — к выкрикам.

частоты, совпадающие с участками провалов частотной характеристики, будут, наоборот, ослабляться.

Подобного рода частотные искажения вызывают неприятное воспроизведение звуковой передачи приемником.

Если учесть, что в самом приемнике — в его усилительной части возникают также некоторые частотные искажения, опре-



Фиг. 14. Частотная характеристика громкоговорителя по звуковому давлению.

деляемые его частотной характеристикой, то станет очевидным, что рассматриваемые здесь искажения приемника в целом складываются из частотных искажений приемно-усилительной части и громкоговорителя.

Точно такую же картину мы получим и при рассмотрении нелинейных искажений — клирфактора. Клирфактор, измеренный по напряжению на выходе приемника, является электрическим клирфактором; он учитывает только ту часть искажений, которые возникают в самом усилителе вследствие нелинейности характеристик ламп. Однако, громкоговоритель представляет собой также нелинейную систему, и это приводит к искажениям звуковых колебаний, воспроизводимых им.

Измерение искажений этого рода, т. е. клирфактора приемника в целом вместе с громкоговорителем, показывает, что

в некоторых случаях эти искажения достигают существенной величины, иногда превосходящей электрический клирфактор. Поэтому для полной оценки нужно измерять результирующие искажения, складывающиеся из электрического клирфактора усилителя низкой частоты и клирфактора громкоговорителя. Результат совместного действия тех и других искажений называется иногда акустическим клирфактором приемника. Он позволяет оценивать искажения во всем приемном тракте — от антенны до уха слушателя.

Таким образом, полную картину качества воспроизведения приемником звуковой передачи дают его характеристики, снятые по звуковому давлению. При снятии таких характеристик на вход приемника подается модулированный разными звуковыми частотами сигнал высокой частоты, а на выходе производится определение частотной характеристики и измерение клирфактора уже не по электрическому напряжению, а по звуковому давлению, развиваемому громкоговорителем и измеряемому с помощью акустической аппаратуры.

Частотная характеристика приемника, снятая по звуковому давлению, имеет такой же характер, как приведенная на фиг. 14.

Следует отметить, что процесс производства акустических измерений более сложен по сравнению с электрическими измерениями; он требует более сложного оборудования измерительной комнаты и более сложной измерительной аппаратуры. Тем не менее этот вид измерений все шире внедряется в практику нашей промышленности.

Ручная регулировка громкости

Чтобы обеспечить возможность изменять по желанию громкость звучания радиоприемника, его обязательно снабжают ручным регулятором громкости. В качестве последнего чаще всего используется переменное непроволочное сопротивление. Регулятор должен позволять изменять громкость в возможно более широких пределах — от максимальной и почти до нуля. Практически, однако, осуществление плавной регулировки в таких широких пределах не удается, и при установке регулятора в положение минимальной громкости передача, хотя и слабо, но прослушивается, потому что регулятор громкости обладает некоторым начальным сопротивлением, и поэтому дальнейшее уменьшение громкости до нуля осуществляется уже не плавно, а скачком. Для приемников среднего класса

регулировка громкости должна осуществляться в пределах не менее 40 *дб*, т. е. не менее чем в 100 раз по напряжению или в 10 000 раз по мощности.

Коэффициент фона

При приеме радиостанций на выходе приемника должны быть слышны только те звуки, которые вызываются наличием модуляции принимаемого сигнала. При отсутствии модуляции никаких звуков на выходе приемника не должно быть слышно.

Однако, в действительности такого положения ни в одном приемнике не бывает. На выходе приемника, в громкоговорителе, всегда бывает слышен так называемый фон, остаточный шум, который в той или иной мере прослушивается даже при полном отсутствии модуляции принимаемого сигнала.

Этот фон может прослушиваться очень слабо. Однако, при подаче на вход напряжения несущей частоты без модуляции фон становится слышен уже значительно сильнее.

Такой остаточный фон объясняется, во-первых, наличием в приемнике собственных внутренних шумов, возникающих как в различных элементах схемы (высокочастотных контурах, сопротивлениях), так и в лампах, и, во-вторых, наличием пульсаций выпрямленного тока при питании от сети за счет неполного сглаживания этих пульсаций фильтром выпрямителя.

Коэффициентом фона называется отношение напряжения фона на выходе приемника (при отсутствии модуляции) к напряжению сигнала, появляющегося на выходе, если при тех же прочих условиях включить модуляцию входного напряжения высокой частоты. Нужно иметь в виду, что определяемый таким образом коэффициент фона не представляет какой-либо постоянной величины; чем сильнее сигнал на входе (чем больше напряжение несущей частоты), тем меньше значение коэффициента фона.

Характеристику фона можно получить, если измерять коэффициент фона при разных значениях напряжения несущей частоты на входе приемника.

Обычно допускается наличие коэффициента фона не более 1—2%.

Уровень фона на выходе приемника имеет значение не только потому, что он влияет на качество звучания принимаемой передачи, но и по другой причине: уровень фона определяет так называемый динамический диапазон приемника, т. е. разницу между наиболее громким и наиболее тихим звуком, которую может обеспечить воспроизведение приемника.

Под динамическим диапазоном понимается отношение выходной мощности при максимальной громкости на выходе к мощности при минимальной громкости звучания, которую еще можно различить ухом.

Очевидно, наименьшая слышимая громкость, при которой звук еще отчетливо различается, должна быть выше уровня фона, фон не должен заглушать этого звука. Следовательно, если даже принять, что уровень наименьшей различимой громкости звука равен уровню фона, то становится ясным, что границы динамического диапазона определяются, с одной стороны, уровнем фона, а с другой, — максимальной неискаженной мощностью приемника. Отношение между этими двумя величинами, выраженное в децибелах, и даст величину динамического диапазона данного приемника.

Так, если фон составляет 1% от напряжения при максимальной выходной мощности, то динамический диапазон составляет 40 децибел. Иногда говорят, что в этом случае уровень фона равен — 40 *дб*.

В симфоническом оркестре разница между самыми громкими звуками (форте-фортиссимо) и самыми тихими (пианопианиссимо) составляет более 60 *дб* (это соответствует разнице в звуковой мощности в миллион раз). Очевидно, наш приемник не воспроизведет в точности весь динамический диапазон такого оркестра. Воспроизведение подобного динамического диапазона обеспечивают лишь самые высококачественные усилительные устройства.

В дешевых сетевых приемниках уровень фона составляет около — 30 *дб*, в приемниках среднего качества — 40 *дб* и в приемниках первого класса — порядка —46 *дб*.

Влияние колебаний напряжения источников питания

Супергетеродинные приемники отличаются большей чувствительностью к изменениям напряжения питания, чем приемники прямого усиления. Обьясняется это резкой зависимостью работы преобразовательного каскада от изменения рабочего режима ламп. Уменьшение усиления при падении анодного напряжения имеет место и в остальных каскадах приемника, но преобразовательный каскад наиболее чувствителен к этому.

Понижение напряжения питания приводит также и к уменьшению выходной мощности оконечного каскада. Нелинейные искажения возрастают и полезная мощность соответственно падает.

Повышение питающих напряжений сверх некоторого предела может также привести к ненормальностям в работе приемника. Если усиление каскадов высокой и промежуточной частоты велико и близко к пределу устойчивости, то повышение напряжения, которое вызывает дальнейшее увеличение усиления каждого каскада, может привести к тому, что в отдельных каскадах усиление станет больше допустимого и превзойдет предел устойчивости. В этом случае приемник самовозбуждается, появляются искажения, свисты, хрипы и прочие явления, сопутствующие паразитной генерации.

В супергетеродинных приемниках такое явление встречается чаще всего в усилителе промежуточной частоты, где лампы дают обычно довольно большое усиление по напряжению.

Практически наибольшее значение имеет сохранение работоспособности приемника при понижении напряжения источников питания, поскольку такие случаи особенно часто наблюдаются в условиях действительной эксплоатации.

2. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ И СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЕМНИКОВ

Точное измерение параметров радиоприемников производится в специально оборудованных лабораториях и с помощью специальной измерительной аппаратуры. Для измерения параметров у нас существует единая методика, которая обеспечивает совпадение результатов измерений, произведенных с одним и тем же приемником в разных местах. Пользование единой методикой позволяет получать для разных типов приемников данные, по которым можно производить сравнение этих приемников между собой.

Описание основных принципов измерения рассмотренных ранее параметров приемника в соответствии с принятой у нас единой методикой приводится ниже.

Измерение чувствительности

Как уже указывалось, под чувствительностью приемника понимается величина э. д. с. в антенне, необходимая для получения на выходе приемника нормальной мощности.

Для измерения чувствительности на вход приемника через эквивалент антенны подводится от генератора стандартных сигналов напряжение высокой частоты, на которой произво-

дится измерение. Эта частота в свою очередь должна быть модулирована звуковой частотой. Нормальная модуляция как для этого, так и для всех дальнейших измерений осуществляется частотой 400 *гц* при глубине модуляции $m=0{,}3$.

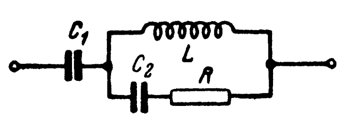
Приемник точно настраивается на частоту генератора, и ручной регулятор громкости приемника устанавливается в положение, соответствующее максимальной чувствительности (на максимум). Затем напряжение, подводимое от генератора, подбирается с помощью градуированного регулятора (делителя напряжения) таким образом, чтобы на выходе приемника получалась нормальная мощность. Для этого практически необходимо установить на входе приемника такое напряжение, при котором измерительный прибор, включенный на выходе приемника параллельно звуковой катушке динамика, показывал бы напряжение, соответствующее нормальной мощности. Это напряжение подсчитывается по формуле

$$E_{вых}=\sqrt{P_{норм}r_{зв}},$$

где $P_{норм}$—нормальная мощность приемника в ваттах;
$r_{зв}$—полное сопротивление звуковой катушки динамика в омах при частоте 400 *гц*.

Для приближенного расчета можно пользоваться только величиной омического сопротивления $r_{зв}$ (т. е. сопротивления катушки постоянному току).

Измерение чувствительности производится обычно в нескольких точках каждого поддиапазона — в начале его, в середине и в конце.



Фиг. 15. Схема эквивалента антенны: C_1—200 *мкмкф*, C_2—400 *мкмкф*, L—20 *мкгн*, R—400 *ом*.

Как уже указывалось, напряжение от генератора стандартных сигналов подается на вход приемника не непосредственно, а через эквивалент антенны, обладающей емкостью, индуктивностью и сопротивлением, эквивалентными средней любительской антенне. Это делается для того, чтобы учесть влияние антенны на входной контур при действительном приеме.

В качестве такого эквивалента принимается сложная цепь, изображенная на фиг. 15. Указанные на чертеже величины близки к данным антенны с действующей высотой в 4 *м*,

Измерение чувствительности без эквивалента может дать результаты, значительно отличающиеся от получаемых при измерении по указанной здесь методике. При отсутствии стандартного эквивалента могут быть допущены некоторые упрощения, а именно: на длинных и средних волнах можно заменить его емкостью в 200 *мкмкф*, а на коротких — сопротивлением в 300 *ом*. Получающаяся при этом погрешность против стандартной методики будет невелика.

Измерение перекрываемого диапазона

Перекрытие диапазона измеряется с помощью точно градуированного по частоте генератора стандартных сигналов. Для этого на каждом поддиапазоне конденсатор настройки приемника ставится поочередно в два положения: 1) пластины ротора полностью выводятся — положение минимальной емкости C_{min} и 2) пластины ротора полностью вводятся — положение максимальной емкости C_{max}. Напряжение от генератора стандартных сигналов, модулированное тоном 400 *гц*, подается на вход приемника, и генератор настраивается точно на частоту настройки приемника при каждом из указанных положений конденсатора. В каждой точке отмечается частота настройки по шкале генератора стандартных сигналов.

В промышленных приемниках обусловленные техническими условиями границы поддиапазонов должны получаться не в крайних положениях конденсатора, а с некоторым запасом, т. е. не доходя на несколько градусов до того или другого конца шкалы.

Измерение избирательности

Измерение избирательности производится обычно в одной или двух точках каждого поддиапазона. Если измерение производится в одной точке, то она выбирается примерно в середине поддиапазона. Если избирательность измеряется в двух точках, то эти точки берутся вблизи граничных частот поддиапазона.

Измерение производится следующим образом.

Приемник настраивается с помощью генератора стандартных сигналов на ту частоту, на которой должно производится измерение. Выходное напряжение генератора с помощью его делителя напряжения устанавливается так, чтобы оно превышало примерно вдвое напряжение, соответствующее нормальной чувствительности приемника. Обозначим это напряжение $E'_г$. При этом высокочастотный

сигнал должен быть модулирован звуковой частотой 400 *гц* с $m=0,3$. С помощью ручного регулятора громкости добиваются получения на выходе приемника нормальной мощности $P_{норм}$. При этом выходное напряжение должно соответствовать значению

$$E_{вых}=\sqrt{P_{норм}r_{зв}}.$$

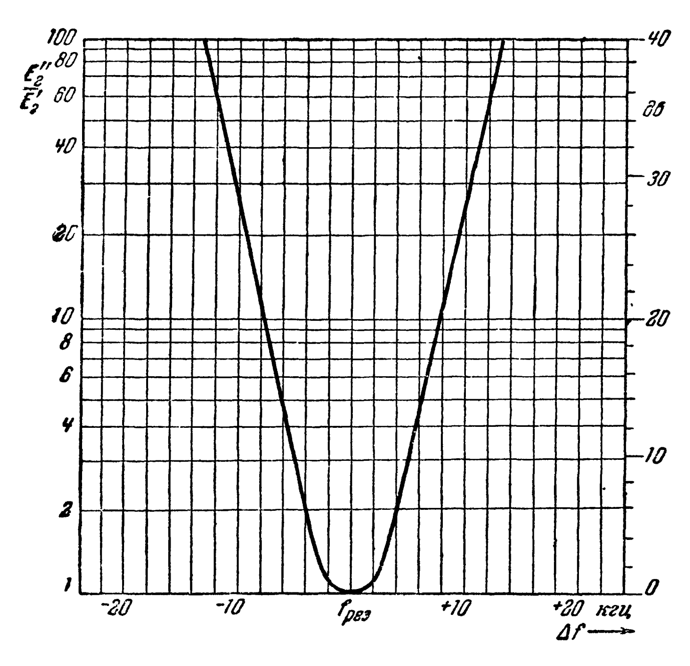
Затем, не меняя настройки приемника, изменяют частоту генератора примерно на 2 *кгц* от резонансной частоты (например, в сторону более высоких частот). При этом напряжение на выходе приемника должно несколько уменьшиться. С помощью делителя увеличивают выходное напряжение генератора до тех пор, пока напряжение на выходе приемника не достигнет прежнего значения $E_{вых}$. При этом производится точный отсчет выходного напряжения генератора $E''_г$. Точно таким же образом производится измерение при расстройке генератора примерно на 3, 4, 6, 8 и т. д. килогерц. Для каждой обследуемой точки производится отсчет выходного напряжения генератора, которое необходимо подать, чтобы получить на выходе приемника напряжение $E_{вых}$.

Закончив измерения при расстройке в одну сторону от резонансной частоты, повторяют точно в таком же порядке измерения при расстройке генератора на то же число килогерц, но уже по другую сторону от резонансной частоты. Если в первом случае частота повышалась, то теперь нужно ее уменьшать. Для каждой точки производятся те же отсчеты. Затем по полученным цифрам составляется таблица по образцу, приведенному ниже. По мере увеличения расстройки Δf отношение $\frac{E''_г}{E'_г}$, указывающее относительное ослабление усиления в данной точке, будет увеличиваться.

В таблице приведены данные, соответствующие одному из типовых приемников II класса.

$+\Delta f$	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+8	+10	+14 *кгц*
$\frac{E''_г}{E'_г}$	1	1	1,1	1,33	2	3	4,5	11,5	24	120
$-\Delta f$	0	−1	−2	−3	−4	−5	−6	−8	−10	−14 *кгц*
$\frac{E''_г}{E'_г}$	1	1	1,15	1,4	2	3,2	4,9	12,5	28	130

По этим точкам может быть построена кривая избирательности приемника, или иначе—его резонансная характеристика, как это показано на фиг. 16. По оси абсцисс откладывается в линейном масштабе частота расстройки Δf в обе стороны от резонансной частоты. По оси ординат откладывается в логарифмическом масштабе относительное ослабление усиления (или, что то же,—ухудшение чувствительности) при расстройке.



Фиг. 16. Резонансная характеристика приемника.

Для определения полосы пропускания отмечают на резонансной характеристике точки, соответствующие ослаблению усиления в 2 раза, и измеряют ширину кривой в этом месте. Для резонансной характеристики, приведенной на фиг. 16, полоса пропускания составляет 8 *кгц*.

Ослабление усиления может быть выражено также и в децибелах. На фиг. 16 масштаб в децибелах нанесен справа.

Измерение избирательности по зеркальному каналу

Измерение избирательности по зеркальному каналу должно дать величину ослабления чувствительности по отношению к сигналу с зеркальной частотой (т. е. к сигналу, отличающемуся от частоты настройки на $2F_{пр}$) сравнительно с чувствительностью к сигналу, на который приемник настроен.

Измерение сходно с измерением чувствительности (стр. 35).

Схема измерения остается та же.

Вначале производится измерение чувствительности приемника в интересующей нас точке диапазона по методике, описанной выше на стр. 35, и замечается значение напряжения E_c, подаваемого от генератора стандартных сигналов для получения на выходе приемника нормальной мощности. Затем, не меняя настройки приемника, изменяют частоту генератора, увеличивая ее на $2F_{пр}$ (например на 920 *кгц*). При этой частоте $(f_c + 2F_{пр})$ увеличивают с помощью регулятора (делителя) напряжение на выходе генератора до тех пор, пока на выходе приемника получится снова нормальная мощность.

Если обозначить напряжение на выходе генератора стандартных сигналов при этом измерении через $E_{с.з}$, то величина ослабления чувствительности по зеркальному каналу (или величина ослабления зеркального сигнала) будет определяться как $\frac{E_{с.з}}{E_c}$.

Значение избирательности по зеркальному каналу оказывается различным в разных точках диапазона, так как ширина резонансной характеристики входных контуров меняется по диапазону. Хуже всего ослабляется зеркальный сигнал при настройке приемника на высшую частоту каждого поддиапазона, где абсолютная ширина кривой для данного поддиапазона оказывается наибольшей.

Поэтому для суждения об этом параметре приемника обычно ограничиваются измерением на высокочастотных концах каждого поддиапазона, зная, что в остальных точках этого поддиапазона зеркальный сигнал ослабляется больше.

Измерение ослабления сигнала с частотой, равной промежуточной

Ослабление приемником помех от станций, работающих с частотой, равной промежуточной частоте приемника, определяется следующим образом. Приемник настраивается на частоту принимаемого сигнала, при которой требуется измерить этот параметр, и с помощью генератора стандартных сигналов в этой точке диапазона замеряется чувствительность приемника по ранее описанному методу. Затем, не изменяя настройки приемника, генератор перестраивают на частоту $F_{пр}$, которая должна быть модулирована таким же образом, как при измерении чувствительности; выходное напряжение генератора стандартных сигналов увеличивают до тех пор, пока на выходе приемника снова не будет получена нормальная мощность. Отношение необходимого для этой цели напряжения промежуточной частоты к измеренной ранее чувствительности приемника в этой точке диапазона дает величину измеряемого ослабления.

Величина ослабления оказывается различной в разных точках диапазона приемника, и потому измерение ее производится обычно только в худших точках, а именно: на высокочастотном конце длинноволнового диапазона и на низкочастотном конце средневолнового диапазона, где собственная частота входных контуров ближе всего к промежуточной частоте (в случае, когда $F_{пр} = 460$ *кгц*).

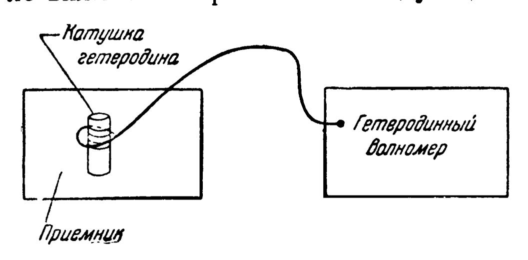
Измерение стабильности частоты гетеродина

Стабильность частоты гетеродина приемника измеряется в зависимости от двух основных факторов: от влияния самопрогрева приемника и от изменения напряжения питания.

Измерение производится с помощью специального прибора — гетеродинного волномера, позволяющего определять частоту колебаний гетеродина с большой точностью.

Уход частоты гетеродина от самопрогрева определяется следующим образом: гетеродинный волномер слабо связывается с контуром гетеродина приемника или с цепью анода этого гетеродина. Для этого обычно оказывается достаточным поднести к катушке гетеродина (если она без экрана) провод, идущий к входу гетеродинного волномера (фиг. 17). Если катушка экранирована, провод от волномера можно связать с анодным проводом гетеродина приемника. Во многих случаях достаточной оказывается связь с помощью нескольких витков

провода, которыми обматывается гетеродинная лампа приемника. Измерение частоты гетеродина производится тотчас после включения приемника. Следующее измерение производится через 5 мин. и затем частота замеряется через каждые 5 мин. Разность между отсчетами, произведенными через определенный промежуток времени, и даст величину ухода частоты гетеродина.



Фиг. 17. Схема измерения стабильности частоты гетеродина.

Ввиду того, что в первые минуты после включения приемника происходит разогрев лампы и в связи с этим частота гетеродина изменяется довольно резко,— принято для радиовещательных приемников методику измерения упрощать и считать первой отсчетной точкой частоту гетеродина, замеренную через 5 мин. после включения, и дальше определять уход частоты относительно этой точки. Второй отсчет делают через 15 мин. после включения приемника, т. е через 10 мин. после первого отсчета.

Если это необходимо, можно производить последующие отсчеты и дальше, через определенные интервалы времени.

Стабильность или уход частоты гетеродина выражается либо в абсолютных единицах, т. е. в герцах или в килогерцах, либо в процентах. В последнем случае берется отношение $\frac{\Delta f}{f_г}$, т. е.

$$\frac{\text{уход частоты за данный промежуток времени}}{\text{частота гетеродина при начале измерения}}.$$

При всех этих измерениях напряжение питания приемника должно поддерживаться строго постоянным.

Уход частоты вследствие колебаний напряжения питания определяется по такой же схеме, но само измерение производится несколько иначе. Включается питание приемника и после двухчасового прогрева, когда температура в приемнике устанавливается и больше уже не меняется, производится измерение частоты гетеродина с помощью гетеродинного волномера. Затем изменяют в нужных пределах напряжение питания и измеряют тем же способом частоту гетеродина при пониженном и при повышенном напряжениях.

Снятие характеристики автоматической регулировки чувствительности (АРЧ)

Для снятия характеристики АРЧ нужно либо знать установленные для нее нормы, либо задаться ориентировочными нормами для измерения. Обычно принято производить измерение действия АРЧ при напряжениях входного сигнала, доходящих до 100 000 *мкв*, т. е. до 100 *мв*.

Измерение производится следующим образом: на вход приемника подается от стандартного генератора сигнал интересующей частоты напряжением в 100 000 *мкв*, модулированный звуковой частотой 400 *гц* при глубине модуляции $m = 0{,}3$. На выходе приемника с помощью ручного регулятора громкости устанавливают напряжение $E_{ном}$, соответствующее номинальной выходной мощности (т. е. наибольшей мощности, получаемой при искажениях, не превышающих 10%). Затем высокочастотное напряжение генератора постепенно уменьшают с помощью делителя напряжения и отмечают значение напряжения на выходе приемника при разных значениях сигнала на входе.

Измерение производится в нескольких точках, например, в точках, соответствующих входным напряжениям в 100 000, 10 000, 5 000, 1 000, 500, 100 *мкв*. Таким образом, характеристика АРЧ снимается от большего напряжения к меньшему, т. е. от конца к началу. Если выходное напряжение изменяется при этом резко, точки можно выбирать чаще; это может относиться, главным образом, к началу характеристики, к области малых входных напряжений.

Мерой качества работы АРЧ является крутизна снятой характеристики. Чем более полого идет характеристика, тем лучше действие АРЧ.

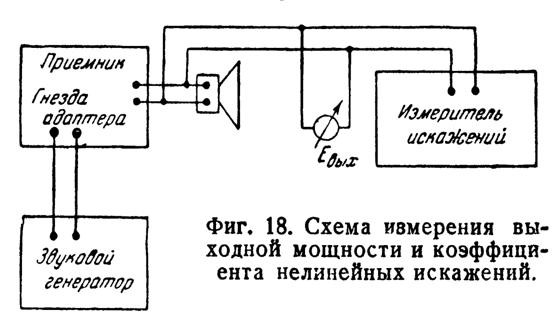
Для оценки АРЧ можно и не снимать всю характеристику, а заметить выходное напряжение приемника при наиболее сильном сигнале, т. е. при $E_{вх} = 100\,000$ *мкв* и затем при слабом сигнале. Нижний предел входного напряжения выбирается порядка 100 *мкв* для более сложных типов приемников, порядка 1 000 *мкв* для приемников среднего класса и 5 000 *мкв* — для наиболее дешевых типов супергетеродинных приемников.

Отношение $\dfrac{E_{вых} \text{ при } E_{вх\,max}}{E_{вых} \text{ при } E_{вх\,min}}$ и будет характеризовать работу АРЧ. Это отношение выражают обычно в децибелах.

Например, для данного приемника изменение напряжения на выходе не должно превышать 10 *дб* при изменении напряжения на входе от 100 до 100 000 *мкв*. Иначе говоря, напряжение на выходе приемника должно изменяться при этом не более чем в 3 раза.

Измерение выходной мощности

Как указывалось ранее, номинальной называется мощность, отдаваемая приемником при коэффициенте нелинейных искажений, равном 10%. Поскольку величина номинальной мощ-



Фиг. 18. Схема измерения выходной мощности и коэффициента нелинейных искажений.

ности определяется исключительно усилителем низкой частоты, определение ее производится следующим образом: от генератора звуковой частоты к сетке первой лампы усилителя низкой частоты или к гнездам адаптера, если таковые имеются, подводится напряжение с частотой 400 *гц*, а на выходе приемника, параллельно звуковой катушке динамика подключается прибор для измерения выходного напряжения и прибор для измерения нелинейных искажений, как показано на фиг. 18. Ручной регулятор громкости устанавливается на максимум и напряжение от генератора звуковой частоты подбирается так, чтобы на выходе приемника получилась нужная мощность.

Напряжение на звуковой катушке динамика, соответствующее этой мощности, подсчитывается по формуле

$$E_{вых} = \sqrt{P_{вых} \cdot r_{зв}}.$$

Получив на выходе это напряжение, подают его на измеритель нелинейных искажений и определяют величину искажений K_f. Если K_f окажется больше 10%, значит выходная мощность завышена и ее нужно уменьшить. В за-

висимости от того, насколько величина искажений превышает допустимые 10%, входное напряжение звуковой частоты нужно уменьшить и произвести снова замер искажений. Если они продолжают превышать 10%, уменьшают напряжение звукового генератора еще больше, снова замеряют искажения и т. д., пока на выходе не получатся искажения, равные 10%.

Если, наоборот, искажения не достигают 10%, напряжение на входе повышают и увеличивают $P_{вых}$ до значения, при котором коэффициент нелинейных искажений становится равным 10%. Затем отмечают значение выходной мощности, которая соответствует таким искажениям, и принимают ее за номинальную мощность приемника.

Если измеряется приемник промышленного выпуска, то в его технических характеристиках указывается гарантируемая заводом номинальная мощность звуковой частоты. В этом случае подбора выходной мощности, подобного описанному выше, не производят, а просто замеряют клирфактор при указанной в документации номинальной мощности. Обычно фактическая выходная мощность приемника значительно превосходит указываемую в технических условиях, т. е. приемник имеет запас мощности против оговоренной техническими условиями.

Нормальная мощность, составляющая 0,1 от измеренной таким образом номинальной мощности, будет получена при выходном напряжении, в $\sqrt{10}$ раз меньшем:

$$E_{вых.норм} = \sqrt{P_{норм} r_{зв}} = \sqrt{\frac{P_{ном}}{10} r_{зв}}\ в.$$

По практическим соображениям измерение параметров приемника удобно начинать с измерения его выходной мощности, поскольку значение ее необходимо знать для измерения некоторых других основных параметров.

Снятие характеристики нелинейных искажений

Характеристику нелинейных искажений определяют для усилителя низкой частоты. Измерение нелинейных искажений производится по схеме фиг. 18 при нескольких значениях выходной мощности $P_{вых}$, а следовательно, и при нескольких значениях напряжения низкой частоты на входе усилителя, начиная с незначительной выходной мощности, при которой все же можно произвести достаточно точный отсчет

величины искажений, и кончая мощностью, при которой коэффициент нелинейных искажений начинает заметно превышать допустимую величину в 10%.

По полученным данным строится кривая, имеющая обычно вид, изображенный на фиг. 11.

Снятие частотной характеристики

Для снятия частотной характеристики усилителя низкой частоты на его вход к гнездам адаптера подводится напряжение с выхода звукового генератора. Регулятор громкости приемника устанавливается на максимум, звуковой генератор настраивается на частоту 400 *гц* и напряжение на его выходе устанавливается такое, чтобы на выходе приемника получилась нормальная мощность, подсчитанная по приведенной ранее формуле. Затем генератор настраивают на низшую частоту — 50 или 100 *гц* и начинают снятие характеристики.

Для этого напряжение на выходе звукового генератора поддерживается строго постоянным и равным тому, которое было установлено на частоте 400 *гц*. Эта частота является исходной и по отношению к ней производится измерение.

Частоту звукового генератора изменяют вначале через 50 *гц*, затем через 100, 200, а дальше — через 500 и 1 000 *гц*. При каждой частоте замеряется напряжение на выходе приемника. Отсчет производится обычно в точках 50, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1 000, 1 500, 2 000, 2 500, 3 000, 3 500, 4 000, 5 000, 6 000 *гц*. Принимая напряжение при $f = 400$ *гц* за единицу, определяют для каждой точки величину отношения $\frac{E_{вых}}{E_{вых400}}$ и по полученным данным строят характеристику по типу, изображенной на фиг. 13. Поскольку напряжение на входе усилителя поддерживается при измерении постоянным, отношение $\frac{E_{вых}}{E_{вых400}}$ дает в то же время и отношение усиления в данной точке к усилению на частоте 400 *гц*. Поэтому на частотной характеристике масштаб по оси ординат может выражать либо относительную величину усиления, либо относительную величину напряжения на выходе приемника.

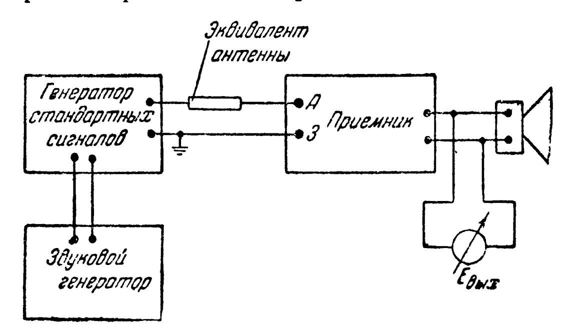
Полосой пропускания по низкой частоте принято считать участок частот, заключающихся между точками характеристики, в которых ордината составляет половину от ординаты

при 400 *гц* или в децибелах — между точками, в которых усиление (или выходное напряжение) уменьшается на 6 *дб* по отношению к усилению (напряжению) на частоте 400 *гц*.

Указанные выше точки отсчета не являются обязательными. Можно производить измерение и при других частотах, но так, чтобы получить достаточное количество отсчетных точек для нанесения характеристики.

Снятие характеристики верности

Характеристика верности, как известно, представляет собой частотную характеристику всего приемника, от антенного входа и до звуковой катушки динамика. Снятие ее сходно со снятием частотной характеристики усилителя низкой частоты. Схема измерения приведена на фиг. 19.



Фиг. 19. Схема снятия характеристики верности.

К входу приемника, к антенному гнезду, подводится через эквивалент антенны напряжение от генератора стандартных сигналов, модулированное звуковой частотой от внешнего звукового генератора. Высокая (несущая) частота выбирается в зависимости от того, в какой точке диапазона желательно произвести измерение. Часто ограничиваются снятием характеристики верности в одной точке — на частоте 1 000 *кгц*.

Чтобы избежать влияния различных помех и посторонних шумов, на вход приемника подается от генератора стандартных сигналов напряжение, заведомо большее, чем возможные помехи, например, 5 000 *мкв*. От внешнего звукового генератора подается на генератор стандартных сигналов напряжение с частотой 400 *гц* и устанавливается глубина модуляции m=0,3. Затем ручной регулятор громкости приемника уста-

навливается в такое положение, при котором на выходе приемника — на звуковой катушке динамика — создается напряжение, соответствующее нормальной мощности (значение $E_{вых}$ подсчитывается по известной нам формуле). После этого частоту звукового генератора меняют через известные интервалы в пределах от 50 *гц* до 5 000 — 6 000 *гц* (в зависимости от качества приемника), поддерживая глубину модуляции неизменной (m=0,3), и для каждой звуковой частоты, при которой производится измерение, отсчитывают напряжение, создаваемое на выходе приемника.

Эта часть измерений, так же как и нанесение характеристик по полученным отсчетным данным, совершенно аналогична снятию частотной характеристики.

Характеристика верности и частотная характеристика всего электрического приемного тракта обычно отличается от частотной характеристики усилителя низкой частоты (или, как говорят, низкочастотного тракта) спаданием или завалом в области высоких звуковых частот. Это объясняется влиянием контуров высокой и промежуточной частоты, полоса пропускания которых иногда бывает такова, что боковые частоты, соответствующие модулирующим частотам выше 3 000 *гц*, уже заметно ослабляются.

Для характеристики верности, как и для частотной характеристики усилителя низкой частоты, понятие полосы пропускания означает участок частот, заключающихся между точками характеристики, в которых ординаты составляют половину от ординаты при частоте модуляции, равной 400 *гц* (или в децибелах — между точками, в которых усиление уменьшается на 6 *дб* по отношению к усилению при частоте модуляции 400 *гц*).

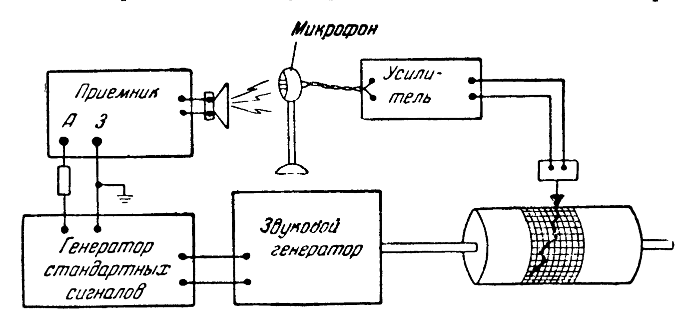
Снятие характеристик приемника по звуковому давлению

Снятие характеристик и измерение параметров приемника по звуковому давлению требует наличия специально оборудованных акустических комнат.

Принцип измерения заключается в том, что к приемнику, установленному в акустической комнате, подводится некоторое определенное напряжение звуковой частоты (или модулированное напряжение высокой частоты); перед приемником на определенном расстоянии — 1 *м* — устанавливается измерительный микрофон, обладающий линейной частотной характеристикой. Частоту подводимого напряжения звуковой частоты изменяют в пределах всего звукового диапазона. Звуки,

воспроизводимые громкоговорителем приемника, воздействуют на микрофон, усиливаются специальным усилителем, и напряжение звуковой частоты на выходе усилителя соответствующим образом регистрируется. Напряжение, подводимое к приемнику, поддерживается постоянным на всех звуковых частотах; поэтому напряжение на выходе измерительного усилителя дает частотную характеристику приемника по звуковому давлению (фиг. 14).

В акустических комнатах осуществляется специальное заглушение путем драпировки стен и потолка мягкой материей, а пола — коврами для устранения возможности отражения



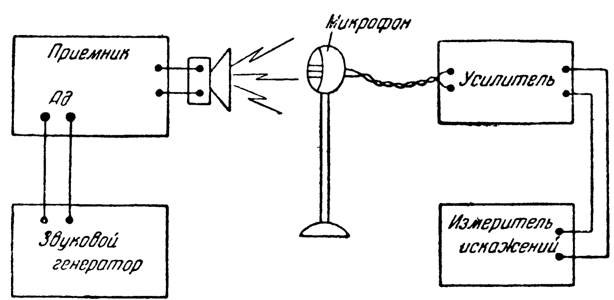
Фиг. 20. Схема снятия частотной характеристики по звуковому давлению.

звука от этих поверхностей. Отраженный звук, попадая в измерительный микрофон, может исказить результаты измерений. Если заглушение произведено надлежащим образом, в микрофон будут попадать звуки только от громкоговорителя.

Если снимается характеристика низкочастотного тракта, напряжение звуковой частоты подводится к входу усилителя низкой частоты — к гнездам адаптера. Если снимается характеристика верности по звуковому давлению для всего приемника, на вход его подается напряжение высокой частоты — обычно 1 000 *кгц*, которое модулируется при m=0,3 поочередно всеми частотами звукового спектра (фиг. 20).

Измерение начинается с того, что на адаптерные гнезда подается напряжение порядка 0,2 *в* с частотой 400 *гц* и при помощи регулятора громкости на выходе приемника устанавливается необходимая мощность. Это может быть нормальная мощность приемника или мощность, необходимая для применяемой электроакустической аппаратуры или некоторая услов-

ная мощность, например 0,1 *вт*. Звуковое давление при этой частоте и мощности принимается за исходное, т. е. за нулевой уровень. Затем частоту звукового генератора изменяют в необходимых пределах (например, от 50 до 5 000 *гц*) и записывают напряжение на выходе измерительного усилителя, соответствующее каждой частоте, поддерживая напряжение на входе приемника постоянным. Процесс снятия акустических частотных характеристик может быть автоматическим или полуавтоматическим. Частота звукового генератора плавно изменяется либо автоматически с помощью электромотора, либо от руки. Записывающее устройство, связанное с звуковым генератором, ведет непрерывную запись напряжения на выходе



Фиг. 21. Схема измерения коэффициента нелинейных искажений по звуковому давлению.

измерительного усилителя. Таким образом, получается непрерывная линия, дающая полную частотную характеристику по звуковому давлению.

Снятие такой частотной характеристики по точкам, не непрерывно, не дало бы полной картины, так как отдельные пики или провалы в характеристике могут быть при этом пропущены.

При снятии характеристики верности измерение производится точно таким же образом с той разницей, что напряжение подводится не к адаптерным гнездам, а к входу приемника. В этом случае имеется в виду напряжение высокой частоты от генератора стандартных сигналов, модулированное внешним звуковым генератором.

При определении нелинейных искажений по звуковому давлению принцип измерения сходен с описанным выше. К адаптерным гнездам приемника подводится напряжение порядка 0,2 *в* звуковой частоты 400 *гц* от звукового генератора. При

помощи ручного регулятора громкости на выходе приемника устанавливается напряжение, соответствующее номинальной мощности (подсчитываемое по известной формуле). Создаваемые при этом громкоговорителем звуковые колебания воздействуют на микрофон и нелинейные искажения измеряются на выходе измерительного усилителя, который сам искажений не вносит. Схема измерения приведена на фиг. 21.

В случае надобности таким же образом производится измерение и на других интересующих частотах, например, на частоте 100, 250, 1 000 и 2 000 *гц*.

Во избежание преувеличенных цифр для коэффициента нелинейных искажений вследствие влияния гармоник частоты питания измерение производится не точно на частоте 100 *гц*, кратной частоте сети 50 *гц*, а вблизи ее, например, при частоте 110 *гц*.

Измерение коэффициента фона

Для измерения коэффициента фона существуют две методики. По первой, упрощенной, методике коэффициент фона измеряется при отсутствии сигнала на входе. В этом случае вход приемника (гнезда антенна—земля) замыкается накоротко, ручной регулятор громкости устанавливается в положение, соответствующее максимальному усилению, и производится измерение напряжения $E_ф$ на выходе приемника,—на звуковой катушке динамика. Отношение этого напряжения к напряжению звуковой частоты, необходимому на выходе приемника для создания номинальной мощности, и будет представлять коэффициент фона $K_ф = \frac{E_ф}{E_{ном}}$.

Коэффициент фона может быть выражен либо в процентах, либо в децибелах.

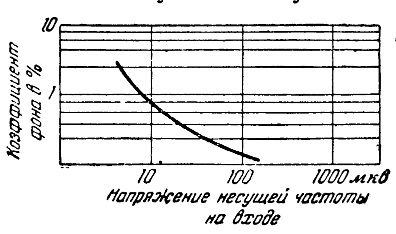
По второй методике коэффициент фона измеряется при наличии сигнала на входе приемника. В этом случае измерение производится следующим образом: на вход приемника, настроенного на заданную частоту, подается от генератора стандартных сигналов модулированный сигнал этой частоты с заранее обусловленным напряжением, намного превышающим чувствительность приемника. Это нужно для того, чтобы полностью устранить влияние помех на измерение. Ручной регулятор громкости приемника устанавливается в такое положение, чтобы при глубине модуляции $m=0{,}3$ и частоте модуляции 400 *гц* на выходе приемника, т. е. на звуковой

катушке динамика, получалось напряжение $E_{норм}$, соответствующее нормальной выходной мощности $P_{норм}$.

Затем, не меняя настройки приемника и положения регулятора громкости, выключают модуляцию генератора стандартных сигналов и замеряют остаточное напряжение $E_ф$ на звуковой катушке динамика.

Коэффициент фона выражается как $K_ф = 0{,}3\frac{E_ф}{E_{норм}}$.

Множитель 0,3 введен потому, что входной сигнал при этом измерении был модулирован звуковой частотой с $m=0{,}3$. Если бы глубина модуляции равнялась 100% ($m=1$) и мощность на выходе была номинальная, множитель 0,3 был бы не нужен.



Фиг. 22. Характеристика коэффициента фона.

Для снятия характеристики фона, т. е. зависимости фона от величины напряжения несущей частоты сигнала, измерение производится по такой же методике, с той разницей, что на вход приемника подаются сигналы различного напряжения, начиная от напряжения, соответствующего нормальной чувствительности приемника и кончая таким, которое во много раз превышает чувствительность приемника — порядка 100 *мв*. Измерение производится при нескольких значениях сигнала на входе — подобно снятию характеристики АРЧ, и при каждом значении входного напряжения определяется коэффициент фона. Ручной регулятор громкости приемника устанавливается при этих измерениях на максимум. По полученным точкам строится кривая, представляющая характеристику фона (фиг. 22).

Измерение устойчивости усиления при изменениях напряжения питания

При понижении напряжения питания относительно номинального чувствительность и выходная мощность приемника падают и при некотором минимальном напряжении гетеродин приемника перестает генерировать. При повышении напряжения усиление возрастает и может возникнуть самовозбуждение.

Определение устойчивости работы приемника при изменениях напряжения питания производится следующим образом: измеряется чувствительность приемника в интересующих точках диапазона по известной уже методике, при номинальном напряжении питания, т. е. для сетевого приемника при 127 или 220 *в*.

Затем напряжение питания уменьшается последовательно на 5, 10, 15 и т. д. процентов. При каждом напряжении сети измеряется чувствительность приемника по той же методике. Понижение напряжения производится до момента, когда усиление резко уменьшается и работа приемника прекращается.

Аналогичное измерение производится при повышении напряжения питания на 10 и 15%. При этом измеряется чувствительность и проверяется, не возникло ли в приемнике самовозбуждение.

При пониженном напряжении питания измеряется также и «неискаженная» мощность, под которой понимается выходная мощность, получаемая при коэффициенте нелинейных искажений в 10%.

3. ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНИКА ОТ ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ

Параметры радиоприемника, определяющие его электрические показатели, зависят от электрических данных элементов схемы и от усилительных свойств ламп.

Рассмотрим, от каких элементов схемы зависят различные параметры приемника.

Чувствительность

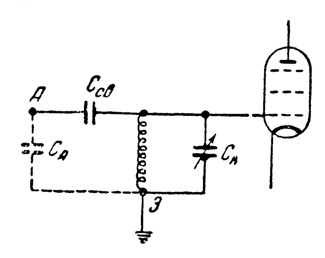
Чувствительность приемника, как это уже указывалось, определяется его общим усилением, которое представляет произведение коэффициентов усиления всех каскадов и резонансного усиления входных контуров.

Величину усиления в супергетеродинном приемнике будут определять нижеследующие его элементы.

1. Входная цепь — от антенного гнезда до сетки первой лампы. Здесь усиление полностью определяется качеством контура в цепи сетки и его связью с антенной, от которой зависит и коэффициент передачи напряжения. Для величины связи антенной цепи с контуром сетки первой лампы существуют определенные границы. Слишком слабая связь будет

уменьшать чувствительность, слишком сильная будет приводить к потере избирательности приемника.

Проще всего осуществить входную цепь для работы с одной определенной антенной; такой случай может иметь место в радиолюбительских условиях, когда конструктор собирает приемник для личного пользования и заранее известно, на какую антенну он будет работать. В промышленных приемниках это неосуществимо, так как они выпускаются в больших количествах и могут работать с самыми различными антеннами.



Фиг. 23. Эквивалентная схема входа при емкостной связи.

При желании улучшить коэффициент передачи напряжения можно руководствоваться соображениями, которые изложены ниже.

а) Емкостная связь с антенной (фиг. 23). В этом случае коэффициент передачи напряжения, а вместе с тем и чувствительность приемника будут тем больше, чем больше емкость связи $C_{св}$. Но увеличение этой емкости приводит к увеличению емкости входного контура и будет вызывать его расстройку по отношению к остальным высокочастотным контурам приемника, если в приемнике осуществлена «однорučечная» настройка всех контуров. Обычно емкость $C_{св}$ выбирается в пределах от 10 до 30 *мкмкф*. Если приемник собственного изготовления рассчитан на работу с одной определенной антенной, то влияние этой антенны можно учесть и подстроить контуры так, чтобы при ее подключении настройка контуров сопрягалась. В таком случае можно заметно повысить чувствительность за счет увеличения емкости $C_{св}$ до 30—50 *мкмкф*. Нужно, однако, помнить, что в таком приемнике применение другой антенны вызовет уже некоторую расстройку, а это может свести к нулю все преимущества.

Это является одной из причин, по которым емкостная связь с антенной обычно не применяется в промышленных приемниках, поскольку в этом случае зависимость приемника от антенны оказывается существенной.

Характерным для емкостной связи является еще и то, что величина коэффициента передачи напряжения меняется по диапазону, а именно: с уменьшением частоты, т. е. с увеличением емкости переменного конденсатора настройки, коэффициент передачи падает, и поэтому при емкостной связи уси-

ление на низкочастотном конце каждого поддиапазона будет значительно меньше, чем на высокочастотном конце того же поддиапазона. Зависимость коэффициента передачи напряжения K от данных схемы выражается следующим образом:

$$K = Q \frac{C'_A}{C'_A + C_к},$$

где Q — добротность катушки контура, несколько уменьшенная вследствие влияния антенной цепи;

C'_A — результирующая емкость антенны и конденсатора связи

$$C'_A = \frac{C_A \cdot C_{св}}{C_A + C_{св}};$$

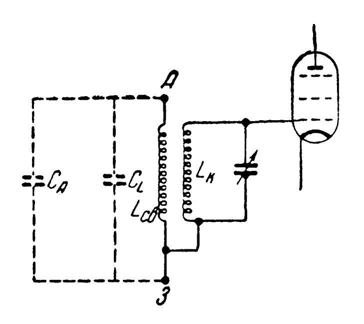
$C_к$ — емкость переменного конденсатора.

Из приведенной выше формулы видно, что усиление падает примерно пропорционально увеличению емкости конденсатора настройки.

В приемниках, настраивающихся при помощи сердечников из высокочастотного железа, это явление не будет иметь места, поскольку емкость контура остается постоянной. В этом случае картина будет носить другой характер: добротность контура Q при введенном сердечнике, т. е. на низкочастотном конце поддиапазона, оказывается больше, а следовательно, коэффициент передачи напряжения, а вместе с ним и усиление окажутся на этом конце диапазона больше, а на высокочастотном усиление будет меньше.

б) Индуктивная связь с антенной. Этот вид связи при правильно рассчитанных и изготовленных катушках может дать весьма равномерное усиление по диапазону, т. е. обеспечивает постоянство коэффициента передачи напряжения по диапазону.

Для выполнения этого условия нужно, чтобы собственная частота цепи катушки связи была ниже наинизшей частоты данного поддиапазона. Это значит, что на длинноволновом, например, диапазоне собственная частота антенной цепи, определяемая индуктивностью катушки связи, собственной емкостью этой катушки и емкостью антенны (фиг. 24), должна быть ниже 150 *кгц*. Если резонансная частота антенной цепи будет выше наиболее высокой частоты поддиапазона (при очень малой величине индуктивности катушки



Фиг. 24. Эквивалентная схема входа при индуктивной связи.

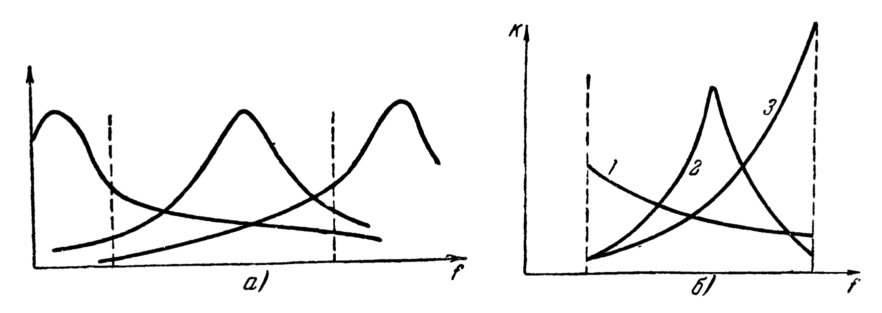
связи), то коэффициент передачи напряжения будет меняться по диапазону в очень широких пределах.

И, наконец, если собственная частота антенной цепи попадает в середину поддиапазона, усиление на одной части этого поддиапазона будет существенно больше, чем на остальной его части.

Фиг. 25 иллюстрирует сказанное; на фиг. 25,*а* изображено расположение резонансной характеристики входной цепи для всех трех описанных случаев, а на фиг. 25,*б* — зависимость передачи напряжения от частоты для этих же случаев. При рассмотрении этих кривых следует помнить, что на каждом частичном диапазоне резонансное сопротивление контура, а вместе с ним и усиление, возрастает к высокочастотному концу данного поддиапазона, т. е. при минимальной емкости контура. Вместе с резонансными свойствами антенной цепи это обстоятельство приводит к выравниванию кривой *1* и к резкому подъему кривой *3* фиг. 25,*б*.

Поскольку наивыгоднейшим является случай 1, когда собственная частота входной цепи ниже принимаемых частот, нужно стремиться сделать катушку связи так, чтобы она удовлетворяла этому требованию. Это так называемый прием на удлиненную антенну.

Увеличение связи с антенной будет приводить одновременно к уменьшению избирательности входного контура вслед-



Фиг. 25. Зависимость коэффициента передачи напряжения от схемы связи с антенной. Пунктиром отмечены границы диапазона.

ствие ухудшения его добротности за счет увеличения потерь, вносимых антенной при более сильной связи между катушками $L_{св}$ и $L_н$. В супергетеродинном приемнике это мало отразится на избирательности по соседнему каналу, которая определяется, главным образом, контурами усилителя промежуточной частоты, но может привести к заметной расстройке входного контура цепью антенны, а также к ухудшению избирательности по зеркальному каналу.

2. Усилитель высокой частоты. Усиление каскада высокой частоты определяется данными усилительной лампы и сопротивлением анодной нагрузки — настроенного контура в ее анодной цепи.

Величина усиления каскада с непосредственным включением контура в анодную цепь лампы определяется по формуле

$$K = \frac{S \cdot Z}{1 + \frac{Z}{R_i}},$$

где S — крутизна характеристики лампы в *ма/в*;
Z — резонансное сопротивление анодного контура в *ком*;
R_i — внутреннее сопротивление лампы в *ком*.

В каскадах усиления высокой частоты в настоящее время используются исключительно высокочастотные пентоды. Эти лампы обладают весьма высоким внутренним сопротивлением и потому без большой ошибки можно считать, что $K = S \cdot Z$. Несколько сложнее производится расчет при трансформаторном включении контура в цепь анода, но этот случай в радиолюбительской практике встречается редко.

Высокочастотный пентод является лампой весьма гибкой в отношении параметров, которые можно изменять в довольно широких пределах за счет изменения ее рабочего режима. Зная характер зависимости параметров от режима, можно по желанию устанавливать большее или меньшее усиление каскада высокой частоты.

Увеличение крутизны характеристики S возможно осуществить за счет повышения напряжения на экранной сетке U_{g2}. Повышать экранное напряжение можно, уменьшая сопротивление, включенное последовательно в цепь экрана. При этом одновременно будет происходить увеличение тока анода и тока экрана. Поскольку электроды лампы могут рассеивать ограниченную мощность, нужно следить за тем,

чтобы при увеличении U_{g2} мощность рассеяния на экранной сетке и на аноде не превышала допустимой величины.

Усиление может быть повышено также за счет уменьшения величины отрицательного смещения на управляющей сетке, но при этом надо соблюдать известную осторожность, так как слишком малое смещение может повести к появлению тока сетки.

Как следует из приведенной выше формулы, усиление каскада будет возрастать с увеличением резонансного сопротивления контура, которое в свою очередь растет с повышением добротности контура. Для этого основным мероприятием является улучшение качества катушки.

3. Преобразовательный каскад. Каскад преобразования частоты в существенной мере влияет на общую чувствительность приемника.

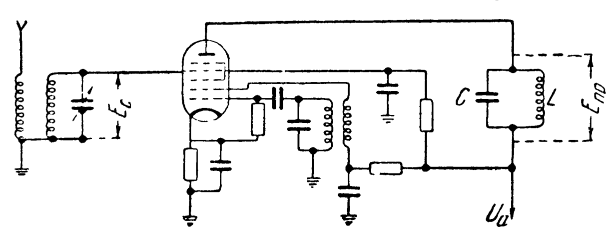
Этот каскад может быть двухламповым — из смесителя и гетеродина, или одноламповым, когда функции смесителя и гетеродина выполняет одна и та же лампа.

В настоящее время смешивание частот производится исключительно по принципу так называемой электронной связи, или, как иногда говорят, по принципу модуляции электронного потока внутри лампы. Принцип этот заключается в том, что принимаемый сигнал и колебания местного гетеродина подаются на разные сетки многосеточной лампы. Ток в анодной цепи этой лампы создается за счет потока электронов, летящих от катода к аноду. Проходя по пути к аноду сквозь гетеродинную сетку, электронный поток начинает пульсировать с частотой колебаний гетеродина. Проходя затем сквозь приемную сетку, он попадает под воздействие колебаний с частотой принимаемого сигнала. Таким образом, электронный поток, дошедший до анода, оказывается как бы модулирован двумя частотами — сигнала и гетеродина. Анализ показывает, что в анодном токе лампы появляется при этом составляющая тока с частотой $F_{пр}=f_г—f_с$. Включая в анодную цепь смесительной лампы контур, настроенный на $F_{пр}$, можно с его помощью выделить колебания этой частоты и отфильтровать все остальные. Модуляция звуковой частоты переносится при этом без изменения с колебаний принимаемой частоты $f_с$ на колебания промежуточной частоты $F_{пр}$.

Этот процесс остается в общем одинаковым для двухлампового и для однолампового преобразователя частоты.

В одноламповых преобразователях обычно применяется лампа 6А8 или 6SA7, а в двухламповых — в качестве смесителя 6SA7 или из старых ламп 6Л7, с гетеродином на лампе 6С5 или 6Ж7 в триодном соединении.

В преобразовательном каскаде одновременно с преобразованием принятой частоты сигнала в промежуточную частоту



Фиг. 26. Схема одилампового каскада преобразования частоты.

происходит и усиление. Это значит, что напряжение сигнала промежуточной частоты $E_{пр}$ на контуре LC будет больше, чем напряжение принятого сигнала высокой частоты E_c на сетке преобразователя (фиг. 26). Отношение

$$\frac{E_{пр}}{E_c} = K_{пр}$$

определяет величину усиления при преобразовании частоты.

Величина $K_{пр}$ зависит от ряда факторов, наиболее существенными из которых являются нижеследующие:

а) Усиление преобразовательного каскада пропорционально величине так называемой крутизны преобразования $S_{пр}$.

Как следует из описанного выше принципа преобразования частоты в многосеточных лампах с электронной связью, усиление при преобразовании будет тем больше, чем сильнее выражена слагающая тока промежуточной частоты в анодном токе лампы. А это в свою очередь зависит от того, насколько сильно воздействуют на электронный поток напряжение сигнала на одной из сеток (приемной) и напряжение гетеродина — на другой (гетеродинной).

По аналогии с крутизной характеристики усилительных ламп S для преобразовательных ламп вводится новый параметр—крутизна преобразования $S_{пр}$, которая численно показывает, какой ток промежуточной частоты в миллиамперах

появляется в анодной цепи при подаче на приемную сетку лампы сигнала с напряжением в 1 *в*.

Величина усиления при преобразовании равна:

$$K_{np} = \frac{S_{np} \cdot Z}{1 + \frac{Z}{R_i}},$$

где Z—резонансное сопротивление контура промежуточной частоты LC в *ком* и R_i—внутреннее сопротивление преобразовательной лампы в *ком*. Величина S_{np} выражается в *ма/в*.

В первом приближении можно считать, что $K_{np} = S_{np} \cdot Z$.

Из теории известно, что величина K_{np} пропорциональна, во-первых, крутизне характеристики S лампы по приемной сетке, если рассматривать преобразовательную лампу как обычную усилительную, и во-вторых, амплитуде колебаний гетеродина.

При этом крутизна преобразования S_{np} будет всегда меньше крутизны S усилительной части. При правильно выбранном режиме преобразователя крутизна преобразования составляет примерно от $^1/_4$ до $^1/_3$ от S $\left(S_{np} \approx \frac{S}{4}\right)$. Следовательно, чем выше S, а вместе с тем и S_{np}, тем больше будет усиление при преобразовании K_{np}.

б) Усиление преобразовательного каскада прямо пропорционально величине резонансного сопротивления контура промежуточной частоты, включенного в анодную цепь преобразовательной лампы. Сопротивление контура Z можно выразить одной из следующих формул:

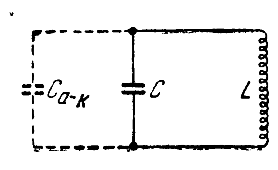
$$Z = \omega L \cdot Q = \frac{1}{\omega C} \cdot Q,$$

откуда видно, что сопротивление контура зависит от его добротности и от величины настраивающей емкости,—чем больше при данной частоте индуктивность L и чем меньше емкость C, тем больше Z.

Повышение добротности достигается улучшением конструкции катушек, в частности, применением для намотки литцендрата с большим числом жил. Значение емкости C выбирается из соображений устойчивости настройки контура при смене ламп. Поскольку контур LC должен быть точно настроен на промежуточную частоту, приходится считаться

с тем, что емкость его состоит, по существу, не только из емкости конденсатора C, но и из внутриламповой выходной емкости $C_{а\text{-}к}$, которая представляет в действительности емкость между анодом лампы и всеми остальными электродами. Эквивалентная схема приведена на фиг. 27.

При смене ламп величина этой емкости $C_{а\text{-}к}$ может несколько измениться, вместе с ней изменится и настройка контура LC. Чем больше емкость этого контура, определяемая конденсатором постоянной емкости C, тем меньше относительное изменение емкости при смене лампы и тем меньше расстройка контура при этом. Расстройка контура вызовет уменьшение Z, а вместе с тем и уменьшение усиления и, кроме того, ухудшение избирательности. Поэтому брать слишком малую емкость C нельзя. Ее обычное значение—около 120 *мкмкф*. В радиолюбительских условиях можно выбирать эту емкость значительно меньше, но надо помнить, что в этом случае при смене ламп нужно производить подстройку контура LC.



Фиг. 27. Эквивалентная схема контура промежуточной частоты.

в) Усиление преобразовательного каскада зависит также и от амплитуды напряжения на гетеродинной сетке преобразовательной лампы. Поэтому его стараются получить достаточно большим. Однако, эта зависимость остается верной до известного предела — чрезмерное увеличение колебательного напряжения не дает хороших результатов, а наоборот, может привести к уменьшению усиления. Для каждой преобразовательной лампы имеются некоторые наивыгоднейшие условия в отношении напряжения гетеродина.

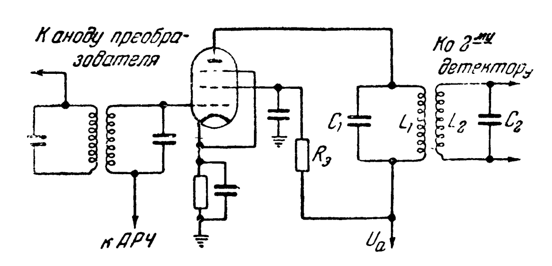
Для равномерности усиления по диапазону необходимо, чтобы напряжение гетеродина было также равномерным, т. е. чтобы оно не менялось резко при переходе от начала поддиапазона к его концу.

Особенно резкая зависимость усиления при преобразовании от режима работы гетеродинной части наблюдается у лампы 6SA7, для которой этот режим следует подбирать весьма тщательно [1].

4. Усилитель промежуточной частоты. Усилитель промежуточной частоты в радиолюбительских приемниках и в большинстве промышленных приемников бывает

[1] Подробнее см. журнал „Радио", № 10 и 12 за 1948 г.

обычно однокаскадным (фиг. 28). В качестве усилительной лампы используется чаще всего лампа 6К7 или 6SK7. Усиление этого каскада определяется по той же формуле, что и для каскада усиления высокой частоты (стр. 57) с той лишь разницей, что под Z в данном случае нужно понимать резонансное сопротивление контура промежуточной частоты L_1C_1. Поэтому здесь, как и в каскаде высокой частоты, усиление будет определяться крутизной характеристики усилительной лампы и величиной Z контура.



Фиг. 28. Схема каскада усиления промежуточной частоты.

Повышение усиления в этом каскаде можно осуществить с помощью тех же мероприятий — в первую очередь за счет подгонки соответствующего режима усилительной лампы. Основным мероприятием, дающим наибольший практический эффект, и здесь является повышение экранного напряжения. В отношении нагрузки остаются в силе замечания, изложенные в предыдущем разделе «преобразовательный каскад», п. «б», т. е. для повышения усиления необходимо повышать добротность контура L_1C_1 и уменьшать емкость настройки этого контура.

Единственным дополнительным соображением здесь может быть опасность возникновения генерации, самовозбуждения усилителя промежуточной частоты при чрезмерно большом усилении каскада, которое может иметь место вследствие слишком большого Z контура в анодной цепи.

Следует учитывать, что действительная добротность контура L_1C_1 будет меньше, чем та, которая получалась при измерении контура отдельно, вне приемника. Происходит это вследствие потерь, вносимых вторичным контуром L_2C_2 того же трансформатора промежуточной частоты, нагруженным на детектор.

В случае двухкаскадного усилителя промежуточной частоты усиление по промежуточной частоте оказывается обычно достаточно большим и повышение его указанными в настоящем разделе способами производить не приходится. Наоборот, усиление каждого каскада приходится занижать, чтобы не вызвать самовозбуждения усилителя. Для этого в контуры промежуточной частоты вводятся обычно большие подстроечные емкости, что приводит к уменьшению Z этих контуров.

5. Усилитель низкой частоты. Низкочастотная часть радиовещательных приемников рассчитывается так, чтобы усиление ее было вполне достаточно для получения на выходе приемника номинальной мощности при работе от адаптера. При приеме радиостанций второй детектор в супергетеродинных приемниках дает вполне достаточное напряжение звуковой частоты, значительно большее, чем получается от адаптера, и поэтому нормальная работа низкочастотной части вполне обеспечивается.

Наиболее типичной для массовых приемников схемой усилителя низкой частоты является двухкаскадный усилитель, состоящий из каскада предварительного усиления и оконечного каскада. При правильно рассчитанной схеме такой усилитель дает достаточное усиление для указанных выше целей.

Решающую роль в смысле усиления играет работа предварительного каскада, тип примененной в этом каскаде лампы и режим ее использования. Наибольшее распространение у нас имеют схемы с использованием в предварительном каскаде лампы 6Г7, в которой усилительная часть представляет триод с высоким коэффициентом усиления μ, или лампы 6Ж7, которая работает в этом случае в режиме усилителя на сопротивлениях. И в том и в другом случае усиление каскада определяется исключительно выбором режима и данных схемы. Для ламп 6Г7 эта задача решается без особых затруднений— анодная нагрузка должна представлять достаточно большое сопротивление и анодное напряжение должно быть возможно более высоким.

Для ламп 6Ж7 кроме анодной нагрузки необходимо подобрать еще и наивыгоднейший режим. Поскольку лампа в качестве усилителя на сопротивлениях работает в условиях, резко отличных от своего основного назначения (усиления высокой частоты), режим ее для этой цели приходится выбирать, исходя из других соображений.

Обычно для лампы усилителя высокой частоты стремятся получить наибольшую возможную крутизну характеристики,

что бывает связано с увеличением анодного и экранного токов. В случае же усиления на сопротивлениях нагрузкой является высокоомное сопротивление, на котором происходит значительное падение постоянного напряжения при прохождении анодного тока; это приводит к уменьшению действительного напряжения на аноде и уменьшению вследствие этого усиления. Поэтому нужно уменьшать величину анодного тока и, по возможности, повышать действительное напряжение на аноде. Для этого приходится резко снижать напряжение на экранной сетке. При этом уменьшается как ток экрана, так и ток анода и одновременно растет статический коэффициент усиления лампы μ. Обычно напряжение на экранной сетке для таких случаев имеет порядок 20—30 *в*; снижение напряжения на экранной сетке достигается путем включения в ее цепь последовательно достаточно большого сопротивления. При правильном выборе напряжения на экране от лампы 6Ж7 может быть получено значительное усиление, вполне достаточное для «раскачки» выходного каскада при работе от адаптера.

В выходном каскаде усиление определяется как режимом лампы, так и величиной анодной нагрузки. Эта нагрузка — звуковая катушка динамика — включается в анодную цепь лампы через трансформатор; следовательно, величина пересчитанной в анодную цепь нагрузки будет определяться данными выходного трансформатора.

Режим выходной лампы выбирается, исходя из основного назначения выходного каскада — создания на выходе приемника необходимой выходной мощности. Наибольшую мощность оконечная лампа типа пентода отдает при экранном напряжении, равном анодному. В случае, если кроме выходной мощности требуется еще и экономичность питания, напряжение на экране следует несколько понизить, но при этом нужно помнить, что такое мероприятие одновременно ведет и к уменьшению выходной мощности. Здесь необходимо взвесить требования в отношении потребления питания и в отношении необходимой выходной мощности и найти правильный компромисс между ними.

В приемниках с повышенной мощностью применяется двухтактная схема для оконечного каскада. В таких случаях для получения необходимого усиления низкочастотной части приходится применять в предварительном усилителе либо две лампы по инверсной схеме, либо одну лампу с междуламповым трансформатором для связи с оконечным каскадом. Одно-

ламповая инверсная схема дает обычно недостаточное усиление при работе от адаптера, хотя при приеме радиостанций усиление оказывается достаточным.

Избирательность

Избирательность приемников прямого усиления, как уже отмечалось, определяется количеством и качеством высокочастотных контуров, настраиваемых на частоту принимаемого сигнала. Использование более трех настроенных на одну частоту контуров вызывает значительные технические затруднения. Поэтому на практике в радиовещательных приемниках прямого усиления, как правило, применяется не более трех настроенных контуров.

Поскольку ширина резонансной характеристики меняется по диапазону, избирательность приемников прямого усиления также оказывается различной в разных точках диапазона: в начале каждого поддиапазона (на низшей частоте) избирательность обычно лучше, а в конце поддиапазона (на высшей частоте) она бывает хуже.

Изменение ширины резонансной характеристики, а вместе с ней и избирательности приемника, происходит по следующей причине: ширина резонансной характеристики (ее полоса пропускания) определяется отношением частоты настройки к добротности контура, т. е.

$$\Delta f = \frac{f}{Q}.$$

В данном случае Δf—ширина кривой на высоте, соответствующей 0,7 от максимальной ординаты при резонансе. Эту ширину удобно принять за основу при дальнейших рассуждениях.

Если считать, что добротность контура Q остается более или менее постоянной в пределах данного поддиапазона, то очевидно, что резонансная характеристика расширяется к концу поддиапазона при высшей частоте, так как числитель f приведенного выражения растет. В действительности величина Q не остается вполне постоянной по диапазону, но картина от этого меняется мало.

С увеличением количества настроенных контуров резонансная характеристика становится острее, но характер изменения избирательности по диапазону остается таким же.

При супергетеродинной схеме, которая в настоящее время является основной для радиовещательных приемников, вопрос

с избирательностью обстоит иначе. В этих приемниках избирательность по отношению к соседним станциям определяется, как уже указывалось, в основном контурами промежуточной частоты. Избирательность в связи с этим, как будет видно из дальнейшего, оказывается значительно лучше.

При приеме станций, частота которых выше промежуточной частоты приемника (это относится к средневолновым и коротковолновым станциям, если $F_{пр} = 460$ *кгц*), избирательность супергетеродина принципиально будет всегда выше потому, что относительная разница в частоте между полезным и мешающим сигналом, отнесенная к промежуточной частоте, оказывается больше и мешающий сигнал ослабляется сильнее. Так, если принимаемая станция имеет частоту 1 000 *кгц*, а мешающая соседняя станция отстоит от принимаемой на 10 *кгц*, то разница в частотах между принимаемой и мешающей станциями составит всего 1%. Если промежуточная частота в приемнике равна 460 *кгц*, то те же 10 *кгц* создадут в усилителе промежуточной частоты разницу между обеими станциями уже не в 1% а в 2,2%, т. е. вдвое большую. На коротких волнах относительная разница будет значительно больше.

Еще заметнее эта разница оказывается при более низкой промежуточной частоте. Так, при $F_{пр} = 110$ *кгц* в приведенном выше примере разница между станциями в 10 *кгц* составит по промежуточной частоте уже 9% и будет в 9 раз больше, чем разница между частотами сигналов в антенне. Поэтому избирательность супергетеродина будет тем выше, чем ниже промежуточная частота (но при этом ухудшается, как уже отмечалось, избирательность по зеркальному каналу).

Однако, еще более существенное значение в смысле высокой избирательности супергетеродина имеет то обстоятельство, что в нем без особого труда можно применить большое количество настроенных контуров. Контуры эти все имеют постоянную настройку на одну и ту же частоту, поэтому их легко раз навсегда точно настроить и получить для всего усилителя промежуточной частоты резонансную характеристику очень хорошей формы.

Можно осуществить так называемый полосовой усилитель промежуточной частоты, в котором резонансная характеристика может быть сделана достаточно широкой в верхней части для пропускания требуемой полосы боковых частот модуляции, и будет в то же время обладать круто спадающими краями для обеспечения высокой избирательности. Такая

форма характеристики приближается к идеальной столообразной.

Наибольшее распространение имеют приемники с одним каскадом усиления промежуточной частоты, содержащие два двухконтурных фильтра промежуточной частоты, т. е. четыре контура, настроенных на эту частоту. Для контуров промежуточной частоты можно обеспечить достаточно высокую добротность и за счет этого получить соответственную избирательность всей системы. Изложенные ранее соображения о конструкции трансформаторов промежуточной частоты, обеспечивающей повышение усиления и чувствительности приемника, применимы в полной мере и к повышению его избирательности. В данном случае добавляется еще необходимость учитывать и влияние связи между контурами в каждом трансформаторе промежуточной частоты — ослабление связи влечет за собой сужение резонансной характеристики, т. е. повышение избирательности, но при этом может несколько уменьшить усиление.

Таким образом, средствами для повышения избирательности супергетеродинного приемника являются:

1. Улучшение качества контуров усилителя промежуточной частоты; применение для намотки катушек этих контуров многожильного провода — литцендрата с увеличенным количеством жил в нем.

2. Увеличение количества настроенных контуров в усилителе промежуточной частоты.

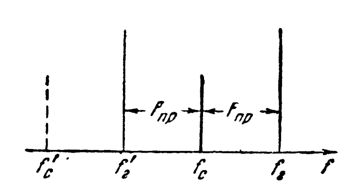
3. Подбор наивыгоднейшей связи между контурами в трансформаторах промежуточной частоты.

4. Применение пониженной промежуточной частоты. Это является наиболее эффективным средством с точки зрения избирательности в отношении соседних мешающих станций, но одновременно приводит к существенному ухудшению избирательности по зеркальному каналу. Поэтому пользоваться низкой промежуточной частотой можно только после тщательного взвешивания преимуществ и недостатков, сопутствующих ей.

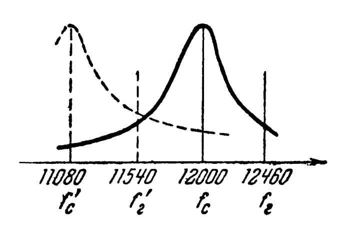
Избирательность по зеркальному каналу

Избирательность по зеркальному каналу является весьма существенным параметром супергетеродинного приемника. Этот параметр определяется качеством контуров высокой частоты на входе приемника и в каскаде усиления высокой частоты, если таковой имеется. Названные контуры настраи-

ваются на принимаемый сигнал, и их резонансные характеристики должны обеспечить большое ослабление сигналов, отстоящих по частоте от принимаемого сигнала на величину, равную удвоенной промежуточной частоте приемника. Чем выше промежуточная частота $F_{пр}$, тем сильнее ослабляются такие мешающие сигналы в высокочастотных контурах. С этой точки зрения применение $F_{пр} = 460$ *кгц* значительно выгоднее, чем $F_{пр} = 110$ *кгц*. На длинных волнах резонансные



Фиг. 29. Расположение частот при приеме по зеркальному каналу.



Фиг. 30. Резонансная характеристика входных контуров при настройке на зеркальную частоту.

характеристики контуров таковы, что даже при одном настроенном контуре сигналы станций с зеркальной частотой могут быть ослаблены (при $F_{пр} = 460$ *кгц*) настолько сильно, что их воздействия на прием практически не ощущаются. На средних волнах полоса резонансных характеристик расширяется и ослабление зеркальных частот бывает меньше, чем на длинноволновом диапазоне. Однако, и здесь практически помехи от зеркальных сигналов не ощущаются, так как ослабление их может быть доведено до сотен раз.

Иначе обстоит дело на коротких волнах. Здесь резонансные характеристики входных контуров оказываются значительно шире, чем на остальных диапазонах, и сигнал зеркальной станции ослабляется уже значительно меньше, а иногда всего лишь в несколько раз. Избирательность по зеркальному каналу, следовательно, ухудшается и помехи вследствие приема таких мешающих станций могут быть весьма ощутимыми. Недостаточное ослабление по зеркальному каналу приводит еще и к тому, что настройка на одну и ту же станцию оказывается возможной в двух местах—при $f_г = f_c + F_{пр}$ и $f_г' = f_c - F_{пр}$ (фиг. 29), т. е. как при правильной настройке при-

емника на частоту нужной станции, так и при настройке приемника на частоту, меньшую, чем принимаемая на $2F_{пр}$.

Происходит это потому, что хотя во втором случае, т. е. при $f'_г = f_c - F_{пр}$, настройка приемника, а вместе с тем и входных контуров, соответствует совсем другой частоте, отличающейся от принимаемой на $2F_{пр}$ $(f'_c = f_c - 2F_{пр})$, однако резонансная характеристика входного контура оказывается настолько широкой, что сигнал с частотой f_c проходит на сетку лампы. Этот случай иллюстрируется фиг. 30. Пусть частота принимаемого сигнала $f_c = 12\,000$ *кгц*; тогда при промежуточной частоте $F_{пр} = 460$ *кгц* частота гетеродина для такой станции должна быть:

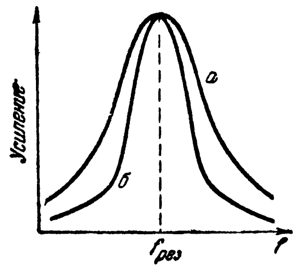
$$f_г = f_c + F_{пр} = 12\,000 + 460 = 12\,460 \text{ кгц}.$$

В приемнике входной контур будет настроен на частоту 12 000, а гетеродин—на $f_г = 12\,460$ *кгц*. Резонансная характеристика входного контура для этого случая нанесена сплошной линией.

Если перестроить теперь приемник так, чтобы гетеродин оказался настроен на частоту, более низкую, чем сигнал нашей станции, т. е. чтобы $f'_г = f_c - F_{пр}$, то это будет означать для нашего случая, что гетеродин должен иметь частоту $f'_г = 12\,000 - 460 = 11\,540$ *кгц*. Поскольку в приемнике все контуры перестраиваются одновременно, так как настройка входного контура сопряжена с настройкой гетеродина, то входной контур при этом автоматически перестроится на частоту $f'_c = f'_г - F_{пр}$, т. е. $11\,540 - 460 = 11\,080$ *кгц*. Резонансная характеристика контура расположится так, как показано на том же рисунке пунктиром. Эта характеристика захватывает, как мы видим, и область частот, в которой располагается принимаемая станция f_c. Сигнал этой станции, очевидно, будет теперь ослаблен во входной цепи по сравнению с тем случаем, когда эта цепь была на него точно настроена, но все же на сетку преобразователя может пройти напряжение сигнала этой станции, достаточное для того, чтобы в результате взаимодействия этого сигнала с колебаниями гетеродина выделилась промежуточная частота. Таким образом оказалось, что интересующую нас станцию с частотой $f_c = 12\,000$ *кгц* имеется возможность принять при двух положениях конденсатора настройки, когда приемник был

настроен по шкале на эту станцию (при этом $f_г = 12\,460$ *кгц*) и когда настройка по шкале соответствовала частоте $f_c' = 11\,080$ *кгц* (при этом $f_г' = 11\,540$ *кгц*).

Если в приемнике во входной цепи применены контуры невысокого качества, то на коротковолновом диапазоне вполне возможно такое явление, т. е. настройка на станцию будет получаться в двух местах шкалы. Наибольшие неприятности при приеме, однако, производит не такое удвоение настройки, а помехи и искажения, которые могут иметь место вследствие прохождения по зеркальному каналу мешающих станций.



Фиг. 31. Резонансная характеристика для одного (*а*) и для двух (*б*) контуров.

Ослабление зеркального сигнала будет тем лучше, чем большее количество высокочастотных контуров будет иметь приемник и чем выше добротность этих контуров. Если для одного контура резонансная характеристика имеет вид, изображенный на фиг. 31 (кривая *а*), то для двух таких контуров ордината в каждой точке будет представлять произведение ординат для обоих контуров и кривая будет более острой — кривая *б* на фиг. 31.

Повышение добротности входных контуров также приводит к тому, что резонансная характеристика сужается.

Таким образом, основным средством для повышения избирательности по зеркальному каналу является повышение избирательности и улучшение резонансной характеристики входной части приемника, его настраиваемых контуров, за счет увеличения числа этих контуров и повышения их добротности.

Существуют также специальные схемы, рассчитанные на подавление сигналов, проходящих по зеркальному каналу. Схемы эти в радиовещательных приемниках распространения не получили.

Ослабление сигнала с частотой, равной промежуточной частоте приемника

Величина помех от станций, обладающих частотой, равной промежуточной частоте приемника, оказывается различной на разных точках диапазона. Сильнее всего такая помеха ощу-

щается при настройке приемника на частоту, ближайшую к промежуточной. Например, при промежуточной частоте 460 *кгц* ослабление помехи на диапазоне длинных волн будет хуже всего на высокочастотном конце этого диапазона, т. е. на частотах порядка 400—420 *кгц*. На средневолновом же диапазоне ослабление помехи будет хуже всего на низкочастотном конце, на частотах порядка 500—520 *кгц*.

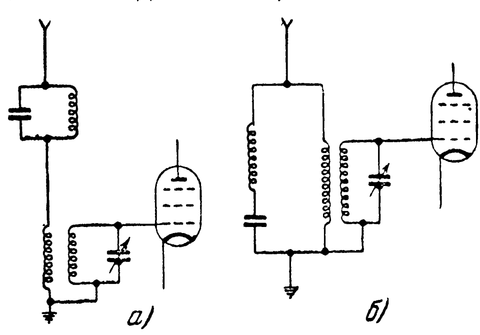
Происходит это потому, что ослабление сигналов мешающей станции, обладающей частотой, равной промежуточной частоте приемника, как уже отмечалось ранее, может осуществляться только до сетки преобразователя, т. е. в контурах входной цепи и усилителя высокой частоты, если таковой имеется. Когда входные контуры приемника настраиваются на частоту, близкую к промежуточной (например, на частоту 400 или 500 *кгц* при $F_{пр}$=460 *кгц*), то их резонансная характеристика дает недостаточное ослабление помехи с частотой, равной промежуточной. Чем дальше частота настройки приемника от частоты помехи, т. е. от промежуточной частоты, тем сильнее ослабляется помеха, тем меньше она ощущается. На диапазоне коротких волн помехи этого рода практически вообще не заметны.

Исходя из соображений о необходимости сведения к минимуму вредных явлений, вызываемых этим видом помех, необходимо выбирать такую промежуточную частоту, которая бы значительно отличалась от частот действующих радиостанций, которые могут служить источником помех. Наиболее распространенная в настоящее время $F_{пр}$=460 *кгц* располагается как раз в такой части спектра радиочастот, в которой совершенно нет вещательных радиостанций. На близких к ней частотах могут работать только станции специального назначения, обычно сравнительно не очень большой мощности, и поэтому помехи от них мало вероятны.

Неприятные явления могут происходить в районах, где имеются мощные местные станции, гармоники которых по частоте совпадают с промежуточной. Например, Московская радиостанция второй программы имеет частоту 232 *кгц*. Ее вторая гармоника равна 464 *кгц*, т. е. весьма близка к промежуточной частоте большинства радиовещательных приемников Вторая гармоника может создавать довольно сильное поле вблизи станции и вызывать в этой местности помехи, описанные выше.

Наиболее действенным способом ослабления помех от станций, имеющих частоту, равную промежуточной частоте

приемника, является включение в антенную цепь приемника специальных фильтров, настроенных на эту частоту. Применяются такие фильтры двух типов: запирающие и пропускающие. Фильтры первого типа — запирающие или фильтры-пробки, как их иногда называют, представляют контур, настроенный на промежуточную частоту и включаемый в антенную цепь последовательно, как показано на фиг. 32,*а*. Такой контур обладает большим сопротивлением для резонансной частоты, на которую он настроен, и не пропускает ее.



Фиг. 32. Схемы антенных фильтров.
а — запирающего; *б* — пропускающего.

Фильтры второго рода — пропускающие — представляют цепь из последовательно соединенных индуктивности и емкости, настроенную также на промежуточную частоту. Такая цепь обладает ничтожным сопротивлением для резонансной частоты. Включая ее, как показано на фиг. 32,*б*, параллельно входу приемника, мы даем возможность частоте, равной промежуточной, пройти по фильтрующей цепи, минуя вход приемника.

Стабильность частоты гетеродина

Стабильность частоты гетеродина определяет возможность слушания станций без частой подстройки приемника вследствие его расстройки, происходящей из-за неустойчивости частоты гетеродина, и поэтому относится к числу основных параметров приемника.

Изменение или уход частоты гетеродина происходит под действием целого ряда причин. Наиболее существенные из них рассматриваются ниже.

1. Температурные зависимости деталей контура гетеродина. Внутри включенного приемника выделяется тепло вследствие разогрева ламп, силового трансформатора и кенотрона Под действием этого тепла нагревается катушка и переменный конденсатор контура гетеродина. При нагревании у катушки увеличивается индуктивность, а у конденсатора — емкость. Это приводит к изменению ча-

стоты контура, а вместе с тем и частоты колебаний гетеродина.

Степень изменения индуктивности и емкости определяется так называемыми температурными коэффициентами катушки и конденсатора. Температурный коэффициент индуктивности — или сокращенно ТКИ — показывает, насколько изменяется индуктивность при изменении температуры на 1° С. Если индуктивность при нормальной температуре обозначить через L, а изменение индуктивности при нагреве на 1° С через ΔL, то ТКИ будет определяться, как $\frac{\Delta L}{L}$. ТКИ дает не абсолютную величину изменения индуктивности в микрогенри или миллигенри, а относительную величину этого изменения. Если температура изменилась на $t°$, то общая величина относительного изменения индуктивности будет выражаться как величина ТКИ, умноженного на величину изменения температуры в градусах.

Точно таким же образом выражается и температурный коэффициент емкости ТКЕ, который представляет величину $\frac{\Delta C}{C}$, где C — емкость конденсатора при нормальной температуре, а ΔC — изменение этой емкости при изменении температуры на 1° С. ТКЕ конденсатора может быть положительным (это значит, что при повышении температуры емкость конденсатора увеличивается, а при понижении уменьшается), или отрицательным (когда повышение температуры вызывает уменьшение емкости конденсатора и наоборот). Воздушные переменные конденсаторы обладают обычно положительным ТКЕ.

Чем больше изменяется температура, т. е. чем сильнее нагревается приемник, тем больше будет изменение индуктивности и емкости контура и тем больше будет изменение или уход частоты гетеродина по этой причине. Это явление заметно тем сильнее, чем выше частота гетеродина, так как на высоких частотах (на коротких волнах) абсолютная величина изменения частоты, т. е. величина ухода частоты в килогерцах, будет больше, чем на длинных и средних волнах при том же значении ТКИ и ТКЕ.

Если, например, изменение емкости под действием температуры составляет 0,5%, то это вызовет изменение частоты на 0,25%. Для частоты сигнала в 10 *мггц* (короткие волны) это даст уход частоты на 25 000 *гц*, для сигнала с частотой 1 000 *кгц* (средние волны) — уход частоты в 10 раз меньший,

всего в 2 500 *гц*, а для сигнала с частотой 250 *кгц* (длинные волны) уход составит всего 625 *гц*. В таком же соотношении с частотой принимаемого сигнала находится и влияние ТКИ на расстройку приемника.

2. Влияние саморазогрева ламп на параметры и емкости гетеродинной лампы. Весьма большое влияние на изменение частоты генерируемых колебаний оказывает изменение параметров и внутриламповых емкостей гетеродинной лампы при ее разогреве. Разогрев лампы после ее включения приводит к некоторому изменению междуэлектродных емкостей вследствие изменения линейных размеров электродов лампы от нагревания. Входная емкость лампы оказывается в схеме приемника подключенной к колебательному контуру и изменение ее, естественно, влечет за собой изменение настройки контура. Хотя это изменение междуэлектродных емкостей составляет относительно небольшую величину, но тем не менее оно может привести к ощутимой расстройке гетеродина. Особенно резко выражено это явление на коротких волнах и, главным образом, — при малой емкости переменного конденсатора, когда расстройка, вызываемая разогревом лампы, может оказаться весьма заметной.

Кроме междуэлектродных емкостей изменение геометрических размеров электродов лампы при разогреве ведет также и к некоторому изменению параметров лампы, что также оказывает влияние на частоту гетеродина и увеличивает расстройку его при разогреве лампы.

Влияние разогрева лампы резко сказывается в первые минуты после ее включения. Затем температура внутри лампы устанавливается и дальнейший уход частоты обуславливается уже, главным образом, другими элементами схемы.

3. Влияние изменений напряжения питания. Зависимость частоты генерируемых колебаний от изменений напряжения на электродах гетеродинной лампы имеет более сложный характер. Изменение частоты объясняется в этом случае изменением формы характеристики лампы, изменением величины сеточных токов и изменением формы генерируемых лампой колебаний. Как показывают исследования, одной из лучших схем гетеродина в этом отношении является трехточечная схема с гридликом, которая обеспечивает относительно высокую стабильность частоты при изменениях напряжения питания.

В преобразовательных лампах, выполняющих одновременно функции смесителя и гетеродина, большое влияние на ча-

стоту колебаний гетеродинной части оказывает величина смещения на приемной сетке. Поэтому не рекомендуется подавать на эту сетку напряжение АРЧ, так как при изменении этого напряжения изменяется и частота гетеродина.

4. Изменение диэлектрической проницаемости материалов, входящих в элементы колебательного контура. Значительное влияние на постоянство частоты гетеродина оказывает качество материалов — диэлектриков, применяемых в различных элементах, входящих в колебательный контур. Сюда относятся, например, ламповые панели, переключатель диапазонов, изоляция монтажных проводов, несущих высокую частоту и входящих в колебательный контур, монтажные планки, поддерживающие такие провода, изоляционные детали переменного конденсатора и т. п. При применении для этих деталей диэлектриков, обладающих невысокими диэлектрическими показателями, т. е. большими потерями на высокой частоте и большим температурным коэффициентом диэлектрической проницаемости, изменение температуры будет приводить к значительному изменению емкости, зависящей от этих диэлектриков, и к увеличению потерь. Все это влечет за собой изменение частоты контура гетеродина, в который входят такие детали.

Стабильность частоты гетеродина, а вместе с тем и устойчивость работы приемника, уменьшение расстройки его в процессе приема станций, может быть улучшена путем ряда мероприятий, из которых основными можно считать нижеследующие.

1. Применение схемы преобразователя с отдельным гетеродином, в котором используется лампа, наименее подверженная влияниям саморазогрева.

2. Применение схемы гетеродина, при которой изменение междуэлектродных емкостей лампы и ее параметров оказывают возможно меньшее влияние на частоту колебаний. Одним из средств является уменьшение связи лампы с настроенным контуром. Вопрос этот, однако, требует весьма продуманного подхода, так как ослабление связи лампы с контуром влечет за собой другие последствия, в частности ослабление генерации по диапазону и пр.

3. Применение высококачественных деталей для колебательного контура, задающего частоту гетеродина. Это относится в первую очередь к катушке и переменному конденсатору настройки. Как катушка, так и переменный конденсатор долж-

ны иметь минимальный температурный коэффициент. Желательно применение катушек на керамических каркасах и конденсаторов с керамическими изоляторами, а также керамических оснований в переключателе диапазонов, в той его части, которая используется для переключения элементов контура гетеродина и керамической ламповой панели для гетеродинной лампы. Остальные узлы, входящие в контур гетеродина (постоянные и полупеременные конденсаторы и т. п.) должны быть также достаточно высококачественными (например, конденсаторы из посеребренной слюды, так называемые «стабиль», воздушные подстроечные конденсаторы и т. п.). Провода, входящие в контур и используемые для монтажных соединений, желательно применять голые, без изоляции, которая может изменять свои свойства при нагревании.

4. Целесообразное размещение на шасси деталей, входящих в колебательный контур и изменяющих свои данные от разогрева. Такие детали нужно размещать, по возможности, дальше от сильно нагревающихся узлов приемника — от выходной лампы, кенотрона, силового трансформатора и др., желательно размещать их, по возможности, в хорошо вентилируемой части приемника, где циркуляция воздуха обеспечивает более постоянную и менее высокую температуру.

5. Введение в колебательный контур специальных деталей для компенсации изменений, происходящих вследствие разогрева. Для этой цели с успехом применяются керамические конденсаторы, так называемые тикондовые, обладающие отрицательным температурным коэффициентом емкости. Это их свойство характеризуется тем, что с повышением температуры емкость таких конденсаторов не увеличивается, как у обычных конденсаторов, а наоборот, уменьшается. Включая в контур параллельно основному конденсатору настройки такой тикондовый конденсатор и подбирая соответствующим образом его емкость, можно добиться того, что благодаря свойствам отрицательного ТКЕ он будет компенсировать увеличение емкости основного конденсатора и увеличение индуктивности катушки. Компенсация получается по всему диапазону не абсолютно точная, но все же это мероприятие может весьма существенно повысить стабильность частоты гетеродина.

6. Применение мер для стабилизации напряжения питания гетеродинной лампы. Стабилизация напряжения для всего приемника связана обычно с применением громоздких схем и устройств. Для обеспечения же постоянства напряжения питания выпрямленным током одной гетеродинной лампы или не-

большого числа ламп с успехом применяются неоновые стабилизаторы напряжения, так называемые стабиловольты, изготовляемые нашей промышленностью.

Перечисленные меры, хотя и являются наиболее существенными, но все же не исчерпывают всех возможностей в смысле повышения стабильности частоты гетеродина приемника. Дальнейшие улучшения могут быть получены за счет рационального монтажа, применения высококачественных изоляционных материалов для других деталей, использования специальных схем и т. д.

Характеристика автоматической регулировки чувствительности

Характеристика АРЧ определяется выбором схемы АРЧ и числом каскадов или ламп, на которые воздействует управляющее напряжение автоматической регулировки. В зависимости от выбранной схемы действие АРЧ может начинаться либо сразу же при появлении сигнала, т. е. при самых незначительных напряжениях на входе приемника, либо же АРЧ может действовать с задержкой, только после того, как сигнал достигнет некоторого определенного значения. Схемы последнего типа являются более совершенными.

Кроме того, схема АРЧ может быть простой или усиленной. При простой схеме напряжение АРЧ снимается непосредственно с нагрузки детекторного диода, т. е. в этом случае на сетки управляемых ламп подается выпрямленное напряжение, получающееся сразу же после усиления по промежуточной частоте. При схеме усиленного АРЧ напряжение после усилителя промежуточной частоты подвергается дополнительному усилению в специальном каскаде и лишь после этого подается для выпрямления на соответствующий диод. Выпрямленное диодом управляющее напряжение будет изменяться в этом случае более резко при колебаниях силы приема, чем при простой схеме, и характеристика АРЧ будет лучше, т. е. более пологой.

Для усиления действия АРЧ применяются и более сложные схемы, чем описанная.

Действие АРЧ зависит также от параметров регулируемых усилительных ламп и, в частности, от того, насколько резко изменяется крутизна характеристики регулируемой лампы при изменениях смещения на ее управляющей сетке. Чем более резко выражена эта зависимость, тем лучше будет действовать АРЧ.

Выходная мощность и искажения

Вопрос о выходной мощности приемника приходится рассматривать одновременно с вопросом о нелинейных искажениях, поскольку само понятие о полезной выходной мощности связано с соображениями о допустимых при этом искажениях. Говоря о полезной выходной мощности, мы, следовательно, имеем ввиду мощность звуковой частоты на выходе приемника, получаемую при коэффициенте нелинейных искажений, не превышающем 10%.

Выходная мощность приемника определяется типом лампы, примененной в оконечном каскаде, режимом использования этой лампы, качеством выходного трансформатора, а также типом и качеством громкоговорителя.

Рекомендуемый режим выходной лампы указывается обычно в ее типовых характеристиках. Там же указывается и рекомендуемое значение сопротивления нагрузки.

Основной задачей при конструировании приемника является согласование выходной нагрузки с внутренним сопротивлением лампы. Как правило, выходная нагрузка — звуковая катушка динамика — обладает весьма малым омическим сопротивлением, тогда как нагрузка для лампы должна быть высокоомной. Согласование нагрузки с лампой производится при помощи выходного трансформатора, у которого вторичная обмотка, нагружаемая динамиком, является понижающей. При правильном расчете трансформатора нагрузка, пересчитанная в первичную обмотку, должна иметь наивыгоднейшее значение (указываемое в типовых характеристиках), при котором лампа отдает наибольшую неискаженную выходную мощность. Одновременно конструкция трансформатора должна обеспечивать и минимальные частотные искажения.

В отношении режима выходной лампы можно руководствоваться такими соображениями: мощность, которую можно получить в выходном каскаде от пентода при данном напряжении на аноде, увеличивается с повышением экранного напряжения. Выгоднейшим режимом является обычно такой, при котором напряжение на экране равно напряжению на аноде. При этом на управляющую сетку должно быть подано такое отрицательное смещение, чтобы анодный и экранный ток не превысили значения, при котором мощность рассеяния на экране и на аноде превзойдет допустимую величину. Эта величина ($P_{рассеяния} = U_a \cdot I_a$) также указывается в типовых харак-

теристиках лампы. Превышение допустимой мощности рассеяния может привести к перегреву электродов лампы и к выходу ее из строя.

При двухтактной схеме выходного каскада соображения остаются в общем те же. Конструкция выходного трансформатора в этом случае облегчается, так как в нем отсутствует постоянный ток подмагничивания. Искажения в выходном каскаде уменьшаются, так как будут отсутствовать все четные гармоники (вторая, четвертая и т. д.), которые в однотактной схеме составляют значительную часть всех искажений. Если выходной каскад работает в режиме класса B или AB_2, т. е. при наличии токов сетки, то большое значение имеет правильный расчет предоконечного каскада. В этом случае связь между предоконечным и оконечным каскадом должна быть обязательно трансформаторная; связь на сопротивлениях по инверсной схеме при наличии токов сетки в оконечном каскаде недопустима.

В приемниках с экономичным питанием режим оконечного каскада приходится выбирать, руководствуясь не только соображениями о наибольшей выходной мощности, но, главным образом, учитывая расход энергии источников питания. Это имеет особое значение потому, что основным потребителем мощности источника высокого напряжения является именно оконечный каскад. В таких случаях подбор режима выходной лампы следует производить весьма тщательно, так как различные комбинации напряжения на экранной и управляющей сетках могут дать разную выходную мощность при одинаковом потреблении тока по цепям высокого напряжения.

Частотная характеристика

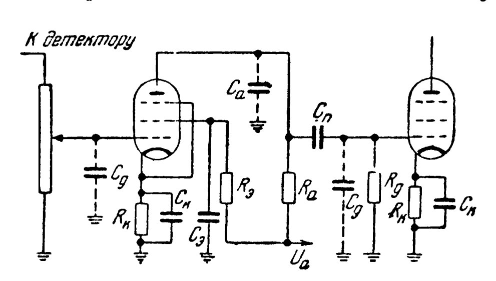
Частотная характеристика усилителя низкой частоты определяется данными элементов схемы — трансформаторов, конденсаторов и сопротивлений.

Понижение усиления или завал характеристики в области нижних частот может иметь место по следующим причинам:

а) В случае наличия в схеме междулампового трансформатора — вследствие малой индуктивности первичной обмотки, вызванной неправильным расчетом трансформатора. Подобное же явление может иметь место в выходном трансформаторе.

б) В схеме реостатного усилителя (фиг. 33)—вследствие недостаточной емкости переходного конденсатора $C_п$, а также вследствие недостаточной емкости конденсатора $C_к$, шунти-

рующего катодное сопротивление $R_к$. В последнем случае может иметь место ослабление низких частот благодаря появлению заметной отрицательной обратной связи через сопротивление $R_к$ на низких частотах, тогда как для высоких звуковых частот емкость $C_к$ достаточно велика и хорошо выполняет свои шунтирующие функции. Может иметь место ослабление низких частот и из-за недостаточной емкости $C_э$, что при большом сопротивлении $R_э$ может привести к появлению на экране напряжения звуковой частоты в противофазе с напряжением на управляющей сетке.



Фиг. 33. Схема усилителя на сопротивлениях (реостатного).

Понижение усиления в области высоких частот может быть вызвано такими причинами:

а) в случае трансформаторного каскада —наличием чрезмерно большой емкости, шунтирующей одну из обмоток междулампового трансформатора. Это же может относиться и к выходному трансформатору.

б) В реостатном усилителе—наличием больших шунтирующих емкостей в цепи анода или в цепи сетки усилительной лампы (например, специальные конденсаторы или емкости монтажной схемы и ламп C_g и C_a на схеме фиг. 33).

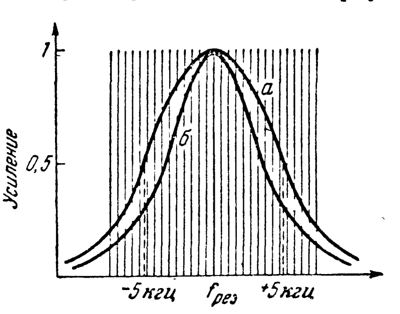
в) Чрезмерно высокими значениями сопротивлений в цепях анода и сетки ламп, при которых обычные значения емкости монтажа и собственных емкостей ламп начинают оказывать заметное шунтирующее действие в области наиболее высоких звуковых частот.

Исправление частотной характеристики может быть достигнуто путем принятия мер, вытекающих из приведенных выше соображений, а также с помощью специальных схем, использующих так называемые корректирующие цепи.

Характеристика верности

Усиление напряжения звуковой частоты после детектирования производится в усилителе низкой частоты и о частотных искажениях при таком усилении можно судить по описанной

выше частотной характеристике. Однако, при приеме радиостанций на антенну частотные искажения могут иметь несколько иной характер. Это изменение касается области высоких звуковых частот, которые, как уже указывалось ранее, ослабляются при прохождении через высокочастотные контуры вследствие наличия у последних ограниченной полосы пропускания. Идеальная столообразная резонансная характеристика должна пропускать обе боковые полосы, образующиеся при модуляции несущей частоты сигнала звуковыми частотами. Поскольку реальная резонансная характеристика такой формы не имеет, она должна, с одной стороны, обеспечивать требуемую избирательность, а с другой,— пропускать необходимую полосу частот. Оба эти требования находятся в противоречии друг к другу, так как первое требует сужения характеристики, а второе — ее расширения.



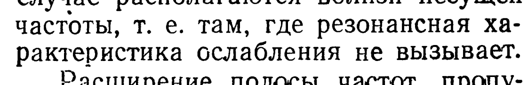
Фиг 34. Пропускание боковых частот модуляции при резонансных характеристиках разной формы.

На фиг. 34 показано, что будет происходить с модулирующими частотами при разных формах резонансной характеристики приемника. Если полоса пропускания составляет 10 *кгц* (фиг. 34, кривая *а*), то через контур пройдут с ослаблением не более чем в 2 раза, боковые полосы, соответствующие звуковым частотам до 5 000 *гц*. Более высокие частоты модуляционного спектра будут ослаблены уже в большей степени. Если полоса пропускания составляет всего 6—8 *кгц*, как это чаще всего имеет место в действительности (фиг. 34, кривая *б*), то на входе усилителя низкой частоты, а следовательно, на выходе приемника частоты выше 3—4 *кгц* будут уже ослаблены более чем в 2 раза. При таких контурах кривая верности оказывается значительно более «заваленной» в области высоких звуковых частот, чем частотная характеристика, снятая с гнезд адаптера.

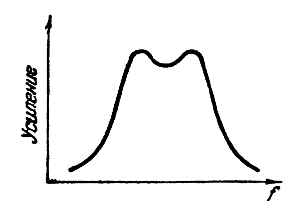
Таким образом, характеристика верности определяется формой резонансной характеристики приемника. В супергетеродинном приемнике основное значение имеет резонансная характеристика усилителя промежуточной частоты, которая, по существу, и определяет полосу пропускания до детектора.

Лишь на диапазоне длинных волн может сказаться влияние входных контуров приемника, которые еще более срежут высокие звуковые частоты, так как резонансная характеристика этих контуров оказывается обычно более острой, чем у контуров промежуточной частоты.

На область низких звуковых частот высокочастотные контуры, естественно, никакого влияния не оказывают, так как боковые частоты в этом случае располагаются вблизи несущей



частоты, т. е. там, где резонансная характеристика ослабления не вызывает.



Фиг. 35. Двугорбая резонансная характеристика.

Расширение полосы частот, пропускаемых приемником в целом, а вместе с тем и улучшение характеристики верности без ущерба для избирательности приемника, возможно при применении так называемых полосовых фильтров, т. е. комбинации из нескольких высокочастотных контуров, соответствующим образом настроенных и связанных между собой.

В более сложных системах супергетеродинных приемников применяются трансформаторы промежуточной частоты с регулируемой или переменной полосой пропускания. При необходимости получить наибольшую возможную избирательность устанавливается узкая полоса пропускания, а при желании получить более широкую полосу воспроизводимых звуковых частот (т. е. более широкую характеристику верности), хотя и в ущерб избирательности, устанавливается широкая полоса пропускания для усилителя промежуточной частоты.

Регулировка полосы чаще всего осуществляется посредством изменения связи между контурами в трансформаторе промежуточной частоты: чем сильнее связь между ними, тем шире резонансная характеристика такого трансформатора промежуточной частоты. С увеличением связи на резонансной характеристике все отчетливее появляется так называемая двугорбость (фиг. 35). Хорошей формой характеристики следует считать такую, при которой оба горба выражены слабо и вершина характеристики приближается к прямой линии; боковые стороны характеристики должны при этом спадать, по возможности, круто.

Полосу пропускания можно изменять плавно, путем постепенного и плавного увеличения связи между катушками трансформатора промежуточной частоты, например за счет измене-

ния расстояния между ними, или же скачками — путем увеличения связи за счет включения дополнительной катушки связи, состоящей из нескольких дополнительных витков. Последний способ, как более простой, находит более широкое применение, чем первый.

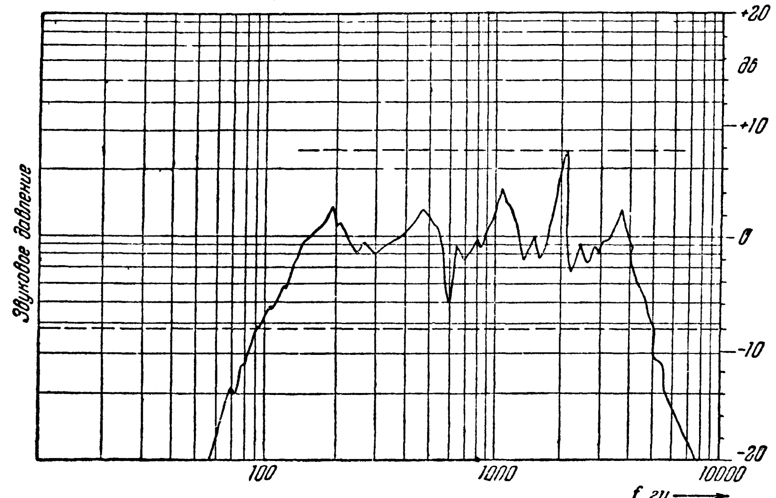
Характеристики по звуковому давлению

Как уже отмечалось, электрические характеристики приемника лишь частично определяют качество звучания приемника. В полной мере о качестве воспроизведения звука дают возможность судить характеристики, снятые по звуковому давлению, которые учитывают действие всех элементов, влияющих на качество звучания, и в первую очередь — влияние громкоговорителя и ящика.

О силе слышимого звука судят по давлению, которое звуковые колебания оказывают на наш слуховой аппарат. Громкоговоритель не вносит частотных искажений в передачу в том случае, если на всех частотах он развивает одинаковое давление (при постоянной величине подводимого к нему напряжения). В действительных условиях частотная характеристика громкоговорителя, снятая по звуковому давлению, никогда не представляет ровной линии, она имеет сильно выраженную волнистость и изобилует небольшими пиками и провалами (фиг. 36), которые объясняются наличием многих частичных резонансов отдельных элементов звуковоспроизводящей системы.

Достаточно равномерной считают такую частотную характеристику, у которой пики и провалы имеют незначительную амплитуду и не выражены особенно резко. Полосой пропускания по звуковому давлению считается полоса частот, охватываемая той частью характеристики, в которой неравномерность между наиболее высоко расположенными и наиболее низко расположенными точками характеристики не превышает определенной величины. Обычно для допустимой неравномерности устанавливаются границы ± 8 *дб*, т. е. $\pm 2{,}5$ раза от среднего уровня. Это значит, что для определения полосы пропускания на частотной характеристике нужно провести горизонтальную линию на уровне, отстоящем на 16 *дб* от наивысшей точки характеристики (фиг. 36) и заметить крайние точки, в которых частотная характеристика уходит ниже этого уровня. Иногда оговаривается другое значение допустимой неравномерности, но в большинстве случаев устанавливается указанная выше цифра — 16 *дб*.

В самом громкоговорителе имеется большое число элементов, влияющих на качестве звучания — размеры и вес диффузора, эластичность центрирующего устройства, материал диффузора, конструкция и форма диффузора, сила магнитного поля в зазоре и целый ряд других.



Фиг. 36. Частотная характеристика громкоговорителя по звуковому давлению.

На форму частотной характеристики по звуковому давлению кроме самого громкоговорителя значительное влияние оказывает ящик приемника. Как правило, увеличение размеров ящика приводит к улучшению звучания в области низких звуковых частот. Чем меньше ящик, тем раньше, т е. при более высоких частотах, начинается спадание характеристики на ее левом конце. Один и тот же приемник с тем же громкоговорителем будет лучше звучать в большом ящике с массивными (толстыми) стенками, чем в небольшом ящике с тонкими стенками.

Кроме частотных искажений громкоговоритель может служить причиной возникновения и нелинейных искажений. Это происходит вследствие того, что колеблющийся диффузор создает звуковые колебания не только той частоты, на которой его возбуждают, но и колебания гармонических с ней частот, которые искажают звучание чистого синусоидального тона. Коэффициент нелинейных искажений громкоговорителя обычно возрастает в области низких звуковых частот.

Ручная регулировка громкости

Наиболее распространенной является ручная регулировка громкости при помощи переменного сопротивления, включаемого в цепь сетки первой лампы усиления низкой частоты. Напряжение звуковой частоты с детектора подается на полное сопротивление такого регулятора, используемого в качестве делителя напряжения — потенциометра; на сетку же лампы снимается с этого сопротивления при помощи его движка лишь часть этого напряжения. Границы изменения громкости пропорциональны пределам изменения величины сопротивления между движком и нижним концом сопротивления, т. е. концом, находящимся ближе к нулевому потенциалу. Чтобы получить регулировку громкости в широких пределах, нужно выбирать такое переменное сопротивление, у которого значение сопротивления минимального его участка, заключенного между движком и нижним концом, было бы как можно меньше.

Коэффициент фона

Величина коэффициента фона, как указывалось ранее, складывается из напряжения собственных шумов приемника и из напряжения фона, образующегося вследствие несовершенства фильтрации выпрямленного тока. В некоторых случаях к этому может добавиться еще фон переменного тока, воздействующего через цепи накала.

Источником собственных шумов является, главным образом, входная часть приемника и особенно преобразовательный каскад. Чем больше усиление от антенного входа до сетки преобразователя, тем меньше относительная величина шумов, так как это приводит к превышению напряжения полезного сигнала над уровнем собственных шумов приемника. Усиление зависит от качества входных контуров, от связи с антенной, от коэффициента передачи напряжения во входной системе. При наличии каскада усиления высокой частоты шумы будут тем меньше, чем больше усиление этого каскада, и особенно чем выше крутизна характеристики лампы усилителя высокой частоты.

Собственные шумы резко возрастают, если усилитель промежуточной частоты близок к самовозбуждению. В этом случае они создают на выходе приемника громкое и неприятное шипение.

Чем сильнее сигнал на входе, тем больше напряжение несущей частоты, тем больше напряжение АРЧ и тем меньше

становится усиление до второго детектора. Уменьшение усиления после преобразования и более высокое напряжение сигнала на входе приемника приводят к тому, что шумы уменьшаются, поэтому с увеличением сигнала на входе шумы на выходе приемника, а вместе с тем и коэффициент фона уменьшаются.

Вторая составляющая — фон переменного тока — зависит от качества фильтра выпрямителя и правильного монтажа. Неправильное расположение монтажных проводов может привести к тому, что благодаря связи цепей сеток с проводами цепи накала напряжение переменного тока может попасть на сетки ламп и после усиления вызвать появление фона на выходе. Это же явление может быть вызвано и утечками между сетками ламп и цепями накала.

Фон вследствие плохой фильтрации выпрямленного напряжения зависит от качества фильтра питания и деталей, примененных в нем. Причинами фона могут быть недостаточная величина индуктивности дросселя фильтра и недостаточная величина емкости конденсаторов фильтра. Особое значение при этом имеет величина емкости второго конденсатора на выходе фильтра. При достаточно большой емкости конденсаторов фильтра выпрямителя фон может иметь место вследствие наличия у этих конденсаторов утечки, которая свойственна электролитическим конденсаторам. Большой ток утечки приводит к появлению сильного фона и свидетельствует вообще о негодности конденсатора.

Устойчивость усиления приемника при изменениях напряжения питания

Зависимость усиления супергетеродинного приемника от изменений напряжения питания обуславливается изменением усиления всех каскадов и, главным образом, преобразовательного каскада. Особенно зависит от режима работа гетеродина, уменьшение питающих напряжений приводит к ослаблению генерации гетеродина, а чрезмерное снижение напряжения вызывает даже прекращение генерации. Поэтому основным мероприятием по повышению устойчивости усиления приемника при понижении напряжения питания является выбор такого режима и таких данных гетеродина, при которых он работает наиболее устойчиво при низком напряжении на электродах лампы.

Громкость и акустическая выходная мощность уменьшаются при понижении напряжения питания не только вслед-

ствие уменьщения усиления выходного каскада, но и вследствие уменьшения чувствительности громкоговорителя, если его конструкция предусматривает подмагничивание выпрямленным током. При снижении напряжения питания уменьшается и анодный ток всех ламп, а вместе с тем и ток подмагничивания громкоговорителя. Это ведет к ослаблению магнитного поля в зазоре громкоговорителя, а одновременно к уменьшению акустической чувствительности его, т. е. к уменьшению громкости звучания. С этой точки зрения выгодно применять динамические громкоговорители с постоянными магнитами, чувствительность которых не зависит от напряжения питания.

Во избежание возникновения самовозбуждения при повышении напряжения питания усиление приемника в целом и отдельных его каскадов не следует выбирать предельным при нормальном напряжении питания.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Основные параметры радиовещательных приемников

Тип приемника	Диапазон, *кгц*	Чувствительность, *мкв*	Избирательность		Выходная мощность при $K_f = 10\%$ *вт*
			Ослабление при расстройке на 10 *кгц*	Ослабление по зеркальному каналу	
1	2	3	4	5	6
Рекорд 47	150—410 520—1 500 4 280—12 100	60—150	20—26 *дб*	26 *дб* 20 *дб* 5 *дб*	Не менее 0,6
Рига Т-755	145—410 520—1 600 4 000—12 500	Не хуже 180	40 *дб* 40 *дб* 35 *дб*	30 *дб* 30 *дб* 12 *дб*	2
ВЭФ-М557	150—410 518—1 525 4 280—12 100	150—250	Не менее 20 *дб*	10÷50 *дб*	3
Пионер (Минск)	150—430 520—1 400 6 000—18 000	Но хуже 100	Не менее 26 *дб*	40 *дб*	2
Урал 47	150—460 520—1 500 4 400—15 500	Не хуже 200	Не менее 26 *дб*	12÷36 *дб*	3

Основные параметры радиовещательных приемников

Продолжение

Тип приемника	Диапазон, *кгц*	Чувствительность, *мкв*	Избирательность: Ослабление при расстройке на 10 *кгц*	Избирательность: Ослабление по зеркальному каналу	Выходная мощность при K_f —10% *вт*
1	2	3	4	5	6
Электросигнал 2	150—410 520—1 500 4 250—8 000 8 550—18 300	Не хуже 100	Не менее 26 *дб*	34 *дб* 30 *дб* 140 *дб* 140 *дб*	3,5
Восток (7Н27)	150—420 520—1 600 4 300—10 000 11 500—15 600	Не хуже 150 Не хуже 400	34 *дб*	34 *дб*	3
Нева	150—420 520—1 500 4 200—8 000 9 000—13 000 14 400—20 000	Не хуже 50	Не менее 26 *дб*	50 *дб* 20 *дб*	5
Ленинград	150—410 520—1 500 4 200—7 500 растянутый 31 *м* растянутый 25 *м* растянутый 19 *м*	Не хуже 180 Не хуже 80	Не менее 30 *дб*	50 *дб*	8
Рига Т689	141—438 510—1 622 3 960—12 270 растянутый 19 *м* растянутый 16 *м*	Не хуже 120 Не хуже 90	Не менее 55 *дб* Не менее 50 *дб*	50 *дб* 10 *дб*	5 5
Родина 47	150—410 520—1 500 4 300—12 000	Не хуже 70	Не менее 26 *дб*	26 *дб* 20 *дб* 10 *дб*	0,2
Москвич	150—410 520 1 600	Не хуже 300	Не менее 20 *дб*	12 *дб*	0,5
АРЗ-49	150 410 520—1 600	Не хуже 300	Не менее 20 *дб*	20 *дб*	1

Уровни громкости

Уровень громкости различных звуков можно выразить в децибеллах. В этом случае за начальный уровень, от которого ведется отсчет, принимается предел слышимости человеческого уха. Этот уровень называется **нулевым**.

Громкость в *дб*	Сравнительная величина звуковых мощностей	Эквивалентный звук
0	1	Предел слышимости человеческого уха
10	10	Шорох листьев. Слабый шепот на расстоянии 1 *м*
20	100	Тихий сад. Хороший театр без публики
30	1 000	Шепот на расстоянии 1 *м*. Тихая комната. Спокойная контора. Шум зрительного зала
40	10^4	Негромкая музыка. Шум жилого помещения. Обычная контора
50	10^5	Слабая работа громкоговорителя. Средний шум в ресторане. Контора с открытыми окнами
60	10^6	Громкий радиоприемник. Шум в большом магазине. Обычный разговор на расстоянии 1 *м*
70	10^7	Машинное отделение. Мотор грузовика. Шум внутри трамвая
80	10^8	Очень громкая работа громкоговорителя
90	10^9	Шумная улица. Оркестр. Автомобильный гудок на близком расстоянии. Шумные аплодисменты. Большой оркестр
100	10^{10}	Клепальная машина. Автосирена
110	10^{11}	Пневматический молот. Котельные работы
120	10^{12}	Авиационный мотор на расстоянии 5 *м*. Сильные удары грома
130	10^{13}	Болевой предел. Звук становится неслышным

Цена 2 р. 50 к.